TOOLKIT PARA A IDENTIFICAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DE LIBERAÇÕES DE MERCÚRIO

DIRETRIZ PARA INVENTÁRIO NÍVEL 2

TOOLKIT PARA A IDENTIFICAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DE LIBERAÇÕES DE MERCÚRIO

DIRETRIZ PARA INVENTÁRIO NÍVEL 2

Versão 1.3

Copyright © Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, 2015

Citação: PNUMA, 2015. Toolkit para a Identificação e Quantificação de Fontes de Mercúrio, Relatório e Diretrizes de Referência para so Inventário Nível 2, Versão 1.3, abril de 2015. UNEP Chemicals Branch, Genebra, Suíça.

Este "Relatório de Referências do Toolkit" representa a quarta versão deste documento. Continuará a ser elaborado e atualizado à medida que seja necessário.

Exoneração de Responsabilidade

As designações utilizadas e a apresentação do material nesta publicação não implicam a expressão de qualquer opinião da parte do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente sobre o estado legal de qualquer país, território, cidade ou área, ou sobre suas autoridades, ou sobre a delimitação de suas fronteiras ou limites. Ademais, as opiniões expressas não representam necessariamente decisão ou política declarada do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, tampouco constitui endosso a citação de nomes ou processos comerciais. Esta publicação destina-se a ser uma orientação. Embora acredita-se que as informações disponibilizadas sejam precisas, o PNUMA se exonera de toda responsabilidade advinda de possíveis imprecisões ou omissões e pelas consequências que delas possam advir. Nem o PNUMA nem qualquer indivíduo que tenha participado da elaboração desta publicação serão responsáveispor quaisquer lesões, danos, perdas ou prejuízos de qualquer espécie que possam ter sido causados por pessoas que agiram com base em seu entendimento das informações contidas na presente publicação.

Reprodução

Esta publicação pode ser reproduzida no todo ou em parte e em qualquer forma para fins educacionais ou sem fins lucrativos sem autorização especial do detentor dos direitos autorais, desde que a fonte seja reconhecida. O material contido neste relatório pode ser citado ou reimpresso livremente. O PNUMA gostaria de receber um exemplar de qualquer publicação que utilize este relatório como fonte. Nenhum uso pode ser feito desta publicação para revenda ou qualquer outra finalidade comercial sem autorização prévia por escrito do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente.

Financiamento

O trabalho de elaboração do Relatório de Referências do Inventário Nível 2 e das planilhas de cálculo foi financiado pelo PNUMA e o Governo da Dinamarca e foi revisado por meio de financiamento do Governo da Dinamarca, do Conselho Nórdico de Ministros e do PNUMA.

Produzido por

UNEP Division of Technology, Industry and Economics, Chemicals Branch International Environment House

1 11-13, Chemin des Anémones

CH -1219 Châtelaine, Geneva, Suíça

Tel: +41 (0) 22 917 12 34

Fax: +41 (0) 22 797 34 60

E-mail: metals.chemicals@unep.org

Site: http://unep.org/hazardoussubstances/

O Toolkit pode ser encontrado no website do UNEP Chemicals http://www.unep.org/hazardoussubstances/Mercury/MercuryPublications/GuidanceTrainingMaterialToolkits/MercuryToolkit/tabid/4566/language/en-US/Default.aspx

Agradecimentos

Este Toolkit foi desenvolvido para o PNUMA por COWI A/S, Dinamarca, revisado com contribuições do Secretariado do AMAP, Noruega, IVL, Suécia e o Conselho de Ouro Artesanal.

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO 6

RESUMO EXECUTIVO 7

1 ANTECEDENTES 9

2 INTRODUÇÃO AOS INVENTÁRIOS DE MERCÚRIO E ESTE TOOLKIT 11

2.1 Finalidade dos inventários de mercúrio 11

2.2 Objetivo deste Toolkit 11

2.3 Limitações do presente Toolkit 12

3 FONTES ANTROPOGÊNICAS DAS LIBERAÇÕES DE MERCÚRIO 14

3.1 Processos de liberações ao meio ambiente 15

3.2 Exemplos de liberações de mercúrio a diferentes vias 17

3.3 Emissões globais totais estimadas do mercúrio na atmosfera 19

4 ETAPAS PARA A ELABORAÇÃO DE UM INVENTÁRIO NÍVEL 2 DE MERCÚRIO ... 21

4.1 Introdução ao conceito de Inventário Nível 2 21

4.1.1 Abordagem de ciclo de vida 22

4.2 Etapa 1: Matriz de identificação; identificação das principais categorias de fontes presentes 22

4.3 Etapa 2: Identificação das principais subcategorias de fontes presentes 23

4.3.1 Extração e uso de combustíveis/fontes energéticas 27

4.3.2 Produção primária (virgem) de metais 28

4.3.3 Produção de outros minerais e materiais com impurezas de mercúrio 29

4.3.4 Uso intencional de mercúrio em processos industriais 29

4.3.5 Produtos de consumo com uso intencional de mercúrio 30

4.3.6 Outros usos intencionais em produtos/processos 31

4.3.7 Produção de metais reciclados (produção “secundária” de metais) 33

4.3.8 Incineração de resíduos 33

4.3.9 Deposição de resíduos/aterros sanitários e tratamento de águas residuais 34

4.3.10 Crematórios e cemitérios 35

4.3.11 Identificação de focos potenciais (áreas contaminadas) 36

4.4 Etapa 3: Coleta de dados e quantificação das liberações de mercúrio 37

4.4.1 Princípios da quantificação 38

4.4.2 Uso das taxas de atividade 40

4.4.3 Seleção dos fatores de entrada de mercúrio 42

4.4.4 Seleção dos fatores de distribuição de saídas 43

4.4.5 Levantamento de dados 45

4.4.6 Balanço das entradas e saídas do mercúrio para controlar as quantificações 48

4.4.7 Exemplos de cálculos de liberações de diversos tipos de fontes 49

4.5 Etapa 4: Apresentação do Inventário 60
4.5.1 Elementos-chave do inventário 61
4.5.2 Planilha para cálculo de liberações 62
4.5.3 Sugestões de relatórios provisórios 62

5 DESCRIÇÕES DETALHADAS DAS FONTES DE LIBERAÇÕES DE MERCÚRIO E DOS FATORES DE ENTRADA E SAÍDA DE MERCÚRIO..... 64

5.1 Extração e uso de combustíveis/fontes energéticas 64
5.1.1 Combustão de carvão mineral em grandes centrais elétricas 65
5.1.2 Outros usos do carvão 75
5.1.3 Óleos minerais – extração, refino e uso 80
5.1.4 Gás natural – extração, refino e uso 89
5.1.5 Outros combustíveis fósseis – extração e uso 95
5.1.6 Produção de calor e energia a partir da biomassa 96
5.1.7 Produção de energia geotérmica 100

5.2 Produção primária (virgem) de metais 101
5.2.1 Extração e processamento inicial de mercúrio 101
5.2.2 Extração de ouro e prata com processos de amalgamação 105
5.2.3 Extração e processamento inicial de zinco 111
5.2.4 Extração e processamento inicial de cobre 127
5.2.5 Extração e processamento inicial de chumbo 137
5.2.6 Extração e processamento inicial de ouro usando outros métodos que não a amalgamação 142
5.2.7 Extração e processamento inicial de alumínio 149
5.2.8 Outros metais não ferrosos - extração e processamento 152
5.2.9 Produção primária de metais ferrosos 153

5.3 Produção de outros minerais e materiais com impurezas de mercúrio 156
5.3.1 Produção de cimento 156
5.3.2 Produção de papel e celulose 168
5.3.3 Produção de cal e agregados leves 172
5.3.4 Outros minerais e materiais 175

5.4 Uso intencional de mercúrio em processos industriais 176
5.4.1 Produção de cloro-álcalis com tecnologia de mercúrio 176
5.4.2 Produção de MCV (monômero de cloreto de vinila) com catalisador de cloreto de mercúrio ($HgCl_2$) 186
5.4.3 Produção de acetaldeído com uso de sulfato de mercúrio ($HgSO_4$) como catalisador 189
5.4.4 Outras formas de produção de substâncias químicas e polímeros com uso de compostos de mercúrio como catalisadores 184

5.5 Produtos de consumo com uso intencional de mercúrio 190
5.5.1 Termômetros de mercúrio 190
5.5.2 Interruptores elétricos e eletrônicos, contatos e relés com mercúrio 192
5.5.3 Fontes de luz de mercúrio 209
5.5.4 Pilhas e baterias de mercúrio 216
5.5.5 Poliuretano com catalisadores de mercúrio 222
5.5.6 Biocidas e pesticidas 228
5.5.7 Tintas 229
5.5.8 Produtos farmacêuticos para uso humano e veterinário 233
5.5.9 Cosméticos e produtos afins 234

5.6 Outros usos intencionais em produtos/processos 237
5.6.1 Obturações dentárias com amálgama 237
5.6.2 Manômetros e medidores de pressão arterial 244
5.6.3 Produtos químicos e equipamentos de laboratório com mercúrio 248
5.6.4 Uso do metal mercúrio em rituais religiosos e medicina tradicional 252
5.6.5 Usos de produtos diversos, usos de mercúrio metálico e outras fontes 253
5.7 Produção de metais reciclados (produção "secundária " de metais) 254
5.7.1 Produção de mercúrio reciclado (produção "secundária) 255
5.7.2 Produção de metais ferrosos reciclados (ferro e aço) 258
5.7.3 Produção de outros metais reciclados 261
5.8 Incineração de resíduos 263
5.8.1 Incineração de resíduos municipais/gerais 263
5.8.2 Incineração de resíduos perigosos 272
5.8.3 Incineração de resíduos de serviços de saúde 275
5.8.4 Incineração de lodo de estações de tratamento de efluentes 279
5.8.5 Incineração informal de resíduos (queima informal de resíduos a céu aberto) 283
5.9 Deposição de resíduos / aterros sanitários e tratamento de águas residuais 284
5.9.1 Aterros sanitários / depósitos controlados 284
5.9.2 Deposição Difusa sob certo grau de controle 288
5.9.3 Deposição informal local de resíduos da produção industrial 289
5.9.4 Descarte informal de resíduos em geral 289
5.9.5 Sistema/tratamento de águas residuais 291
5.10 Crematórios e cemitérios 295
5.10.1 Crematórios 295
5.10.2 Cemitérios 299
5.11 Identificação de focos potenciais (áreas contaminadas) 300

6 REFERÊNCIAS 302

7 GLOSSÁRIO, SIGLAS E ABREVIATURAS 321

8 ANEXOS TÉCNICOS 324
8.1 Códigos aduaneiros do Sistema Harmonizado de Designação e Codificação de Mercadorias (HS) relacionados ao mercúrio 324
8.2 Números CAS para substâncias de mercúrio 332
8.3 Concentrações de mercúrio em esfalerita em concentrados e minérios para extração de zinco 334
8.4 Dados dos países para certos cálculos padrão 341
8.5 Teste de fatores-padrão de entrada de resíduos e de águas residuais 341

9 ANEXOS 343
9.1 Planilha para facilitar os cálculos de liberações de mercúrio no Inventário Nível 2 343

Apresentação

O Conselho de Administração do PNU/MA concluiu que existem elementos de prova suficientes de significativos impactos adversos do mercúrio para justificar maior ação internacional para proteger a saúde humana e o meio ambiente do mercúrio e seus compostos. O Conselho de Administração decidiu que ações nacionais, regionais e globais devem ser iniciadas e instou todos os países a adotarem metas e empreenderem ações, conforme apropriado, para identificar as populações em risco e reduzir as liberações geradas por seres humanos.

Em resposta ao pedido do Conselho de Administração, o PNUMA estabeleceu um Programa de Mercúrio para encorajar todos os países a adotarem metas e empreenderem ações, conforme apropriado, para identificar as populações expostas, minimizar a exposição por meio de esforços de sensibilização e reduzir as liberações antropogênicas de mercúrio. Uma parte importante do Programa de Mercúrio do PNUMA é o desenvolvimento de materiais de capacitação, documentos de orientação e toolkits sobre diversos temas relevantes que podem ser úteis para governos e outros atores em seus esforços de avaliação e combate da contaminação pelo mercúrio.

Antes de empreender ações para abordar o mercúrio, os governos deverão considerar a elaboração de uma base de conhecimentos para avaliar os riscos apresentados pelo mercúrio e para tomar medidas adequadas para reduzi-los. Este “Toolkit para a Identificação e Quantificação das Liberações de Mercúrio” tem a finalidade de ajudar os países a construírem parte de sua base de conhecimentos mediante a elaboração de um inventário de mercúrio que identifique as fontes de liberações de mercúrio em seus países e estime ou quantifique essas liberações.

Resumo executivo

1. O "Toolkit para a Identificação e Quantificação das Liberações de Mercúrio" (doravante Toolkit) tem a finalidade de ajudar os países a construírem sua base de conhecimentos sobre o mercúrio mediante a elaboração de um inventário de mercúrio que identifique as fontes de liberações de mercúrio em seus países e estime ou quantifique as liberações.

2. Por meio do inventário e outros conhecimentos adicionais, é possível identificar as medidas de redução de melhor custo-benefício. Muitas vezes, esses inventários são essenciais para a comunicação com as partes interessadas, como a indústria, o comércio e o público.

3. Inventários de referência, bem como as atualizações subsequentes, também podem ser usados para monitorar o progresso em direção a metas preestabelecidas e, portanto, identificar abordagens exitosas que possamservir de exemplo em outras áreas, assim como em áreas onde as medidas implementadas se revelaram inadequadas e haja necessidade de maior atenção e de outras iniciativas.

4. O presente Toolkit visa ajudar os países que estão elaborando seu inventário de mercúrio a estimar as liberações de mercúrio e orientar o processo de melhorar e aperfeiçoar os inventários. O objetivo do Toolkit é orientar os responsáveis pela elaboração do inventário de um país sobre as diferentes técnicas e estágios do desenvolvimento do inventário, oferecendo metodologia, exemplos ilustrativos e amplas informações sobre as fontes de liberação de mercúrio. Este Toolkit visa reduzir a carga de trabalho da elaboração de inventários nacionais ou regionais de mercúrio.

5. O Toolkit foi elaborado de forma a produzir uma metodologia simples e padronizada junto auma base de dados que permita a montagem de inventários nacionais e regionais de mercúrio que sejam uniformes. Inclui um procedimento recomendado pelo PNUMA para a compilação eficaz dos inventários de fontes e liberações de mercúrio. Conjuntos de dados comparáveis de fontes de liberação de mercúrio por tipo de fonte aumentarão a cooperação, a discussão, a definição de metas e assistência internacionais. Conjuntos de dados comparáveis também ajudam a estabelecer uma visão global da escala de liberações, como preparação para determinar as medidas prioritárias para controlar ou reduzir liberações, e também aumentam as possibilidades de aumentar a base de conhecimentos internacional sobre os usos e liberações de mercúrio.

6. Nesta versão atualizada, o Toolkit descreve dois níveis de detalhes e simplificação chamados de Inventário Nível 1 e Inventário Nível 2. O presente documento descreve a metodologia do Inventário Nível 2 do Toolkit e ao mesmo tempo serve de documento de referência com informações de fundo para o mais simplificado Inventário Nível 1. O Toolkit de Diretrizes para o Inventário Nível 1 descreve a metodologia e os procedimentos do Inventário Nível 1.

7. A metodologia do Inventário Nível 2 consiste num procedimento de quatro etapas que facilitará o desenvolvimento de inventários de fontes que sejam uniformes e comparáveis.

8. Na primeira etapa, aplica-se uma matriz de identificação aproximada para determinar as principais categorias de fontes de mercúrio presentes no país. Também deverão ser identificados e coletados inventários parciais de mercúrio existentes ou descrições de fontes de mercúrio no país ou região.

9. Na segunda etapa, essas principais categorias de fontes são reclassificadas em subcategorias para identificar cada atividade capaz de liberar mercúrio. Se a intenção for apenas realizar uma identificação qualitativa dos tipos de fontes existentes no país ou região, a terceira etapa

(quantificação) pode ser omitidae os dados qualitativos podem ser apresentados na forma de uma lista comentada das principais categorias e subcategorias de fontes identificadas no país.

10. Na terceira etapa é desenvolvido um inventário quantitativo. Nessa etapa, será avaliada a pertinência de se elaborar um inventário quantitativo completo desde o princípio ou um inventário provisório, como uma etapa inicial, para apoiar o estabelecimento de futuras prioridades e dar início a comunicações com os participantes/revisores do inventário. Pode-se recomendar o uso das ferramentas do Inventário Nível 1 para desenvolver um inventário provisório. No caso de um inventário quantitativo detalhado, são reunidos dados do volume de atividade ("taxas de atividade") e informações específicas sobre os processos para estimar as liberações de mercúrio das fontes identificadas de liberações de mercúrio no país (ou região) em questão. As liberações são calculadas mediante a equação, os procedimentos e os dados sobre o tipo de fonte descritos no Toolkit. No entanto, dadas as incertezas e complexidades intrínsecas, antecipa-se que muitos inventários só apresentem informações qualitativas das emissões ou de uso quantitativo para certas fontes. Em alguns casos essas informações serão suficientes para identificar e dar início a atividades de redução de mercúrio em um determinado país ou região.

11. A quarta e última etapa consiste na compilação do inventário de mercúrio padronizado utilizando os resultados gerados nas etapas 1-3. Há um formato padronizado de apresentação para assegurar que todas as fontes conhecidas sejam consideradas (mesmo quando não puderam ser quantificadas), as lacunas de dados sejam aparentes e que os inventários sejam comparáveis e transparentes.

12. O inventário final de mercúrio mostrará que todas as fontes potenciais foram consideradas, mesmo que a atividade não exista ou seja insignificante naquele país. Para cada fonte dentro de um país haverá uma estimativa das liberações para todos os meios onde haja dados suficientes e uma indicação da provável dimensão caso não haja dados completos. As principais lacunas de dados serão relacionadas. Em conjunto, esse processo ajudará na interpretação dos resultados e no estabelecimento de futuras medidas prioritárias.

1 Antecedentes

Mercúrio

13. O mercúrio é altamente tóxico, especialmente para o sistema nervoso em desenvolvimento. Algumas populações são especialmente suscetíveis, em particular os fetos e crianças pequenas. No entanto, o mercúrio continua a ser usado em muitos produtos e processos em todo o mundo, inclusive em extração de ouro de pequena escala; manômetros e termômetros; interruptores elétricos; lâmpadas fluorescentes; amálgamas dentários;pilhas e baterias e produção de MCV (monômero de cloreto de vinila) e alguns produtos farmacêuticos. As liberações de mercúrio no meio ambiente mais significativas são as emissões atmosféricas, mas o mercúrio também é liberado das fontes diretamente na água e no solo. Fontes importantes de emissões incluem: geração de energia a partir de carvão mineral, incineração de resíduos, produção de cimento, ouro e outros metais, mineração, cremação, aterros sanitários e outras fontes, como operações secundárias de fundição e produção de substâncias químicas inorgânicas industriais.

14. Uma vez liberado, o mercúrio persiste no meio ambiente, onde circula pelo ar, água, solo e biota adotando diversas formas. Quando depositado, sua forma pode mudar (por meio de micróbios) e transformar-se em metilmercúrio, uma forma especialmente perigosa que se concentra na cadeia trófica, sobretudo na aquática. A maioria das pessoas são expostas ao metilmercúrio primariamente pela dieta, especialmente peixes, e ao mercúrio elementar através dos amálgamas dentários e ocupações (como a mineração em pequena escala). Outras fontes de exposição incluem cremes para clarear a pele, mercúrio usado em rituais e medicinas tradicionais, bem como derramamentos de mercúrio em casa.

15. Para informações mais detalhadas sobre a química, toxicologia, exposições e avaliações de riscos para os seres humanos, impactos sobre o meio ambiente, os ciclos no meio ambiente global e possíveis tecnologias de prevenção e controle de liberações e limitação do uso e exposição ao mercúrio, consulte o Global Mercury Assessment Report (*Relatório da Avaliação Mundial do Mercúrio*) (UNEP, 2000)

Contexto deste Toolkit

16. Este Toolkit foi publicado pela primeira vez como um documento preliminar piloto em novembro de 2005. Esta versão 1.3 revisada (abril de 2015) é o resultado de testes do piloto e comentários realizados desde a versão anterior. Continuará a ser desenvolvido, e versões revisadas serão publicadas conforme apropriado. A versão mais atualizada do Toolkit estará sempre disponível na página web do UNEP Chemicals em http://www.unep.org/hazardoussubstances/Mercury/tabid/434/Default.aspx.

17. O Toolkit revisado inclui um Inventário Nível 1 revisado, uma metodologia simplificada e mais padronizada para inventários. O Toolkit completo agora consiste nas Diretrizes para o Inventário Nível 1, com planilhas Excelpara cálculo das estimativas de entradas e liberações de mercúrio do Inventário Nível 1 e do Inventário Nível 2, um modelo de relatório de inventário para cada nível, modelos de coleta de dados para o Inventário Nível 1 e este Relatório de Referências, que apresenta uma descrição mais detalhada das categorias de fontes de mercúrio, orientação adicional sobre o desenvolvimento do inventário e descrição da metodologia do Inventário Nível 2.

18. As Diretrizes para o Inventário Nível 1 descrevem um procedimento simplificado passo a passo. Descreve também as limitações da metodologia do Inventário Nível 1 e orienta sobre as situações onde seja desejável um aperfeiçoamento de seu inventário para um Inventário Nível 2. Por último, essas diretrizes oferecem orientações sobre os relatórios do seu inventário no Inventário Nível 1.

19. Esta revisão do Toolkit inclui revisões dos fatores-padrão para um número de fontes de liberação de mercúrio potencialmente importantes. As revisões feitas aqui foram coordenadas,namedida do possível, com o trabalho do PNUMA de atualização da Avaliação Mundial do Mercúrio.

20. O Toolkit piloto preliminar original de 2005 e o Inventário Nível 2 da versão revisada acompanham de perto a abordagem e metodologia desenvolvidas e utilizadas na segunda edição (fevereiro de 2005) do documento "Standardized Toolkit for Identification and Quantification of Dioxin and Furan Releases" (*Toolkit Padronizado para a Identificação e Quantificação das Liberações de Dioxinas e Furanos*), publicado pelaUNEP Chemicals. Quando relevantes, passagens do texto do toolkit de dioxinas e furanos foram utilizadas neste Toolkit para o mercúrio. O toolkit de dioxinas e furanos, cujas abordagem e metodologia foram testadas de forma piloto em diversos países, já foi sujeito a diversas rodadas de comentários e revisões por pessoas com experiência em desenvolvimento de inventários.

Evolução do presente Toolkit

21. Como ocorre com qualquer metodologia, o Toolkit necessita ser posto em prática, validado e atualizado. O Toolkit é considerado um conjunto de ferramentas em evolução que será atualizado e revisado, namedida do possível e quando pertinente, para levar em conta novas informações e experiências. Ademais, como o Toolkit baseia-se predominantemente nas experiências e informações disponíveis dos países industrializados, poderia não refletir plenamente as condições dos países em desenvolvimento para determinadas fontes de liberações. Os insumos e dados de outras regiões do mundo são, assim, muito importantes, a fim de fornecer uma base mais ampla de conhecimentos para as diversas fontes de liberação de mercúrio e para aperfeiçoar a aplicabilidade do Toolkit.

22. AUNEP Chemicals convida todos os usuários do Toolkit a manifestar seus comentários sobre qualquer aspecto deste produto. Os usuários do Toolkit piloto preliminar poderão recorrer àUNEP Chemicals quando surgirem problemas com o uso, interpretação ou implementação do conteúdo ou quando parecer que o sistema não se aplica à situação encontrada no país.

23. Os países são incentivados a usar o Toolkit e submeter seus inventários àUNEP Chemicals, que irá disponibilizá-los ao público na página web do programa de mercúrio em http://www.unep.org/hazardoussubstances/Mercury/tabid/434/Default.aspx. Com o tempo, espera-se que seja possível oferecer, além dos inventários nacionais de diversas regiões, um fórum para trocas de informações sobre as experiências dos países com a elaboração do inventário, estudos de caso, novas publicações relevantes, etc.

2 Introdução aos inventários de mercúrio e este Toolkit

2.1 Finalidade dos inventários de mercúrio

24. Os inventários de liberações das principais substâncias perigosas constituem importante ferramenta para tomada de decisões no processo da mitigação dos impactos ambientais dos poluentes em questão. Quando um país decidir que a contaminação por mercúrio é um problema prioritário que merece avaliação mais profunda, necessita estimar tanto as contribuições relativas quanto as absolutas para as liberações de mercúrio das diferentes fontes presentes no país. Essas informações podem ser úteis para determinar que tipos de fontes de liberações são significativas e que fontes devem ser sujeitas a iniciativas de redução de liberações.

25. Inventários de mercúrio junto e conhecimentos adicionais têm um papel na identificação das medidas de redução com melhor custo-benefício durante a tomada de decisão. Muitas vezes, esses inventários são essenciais para a comunicação com as partes interessadas, como a indústria, o comércio e o público.

26. Ademais, os inventários de referência, e subsequentes atualizações, podem ser usados para estabelecer metas, prioridades e monitorar o progresso.

2.2 Objetivo deste Toolkit

27. Este Toolkit visa ajudar os países que desejam desenvolver um inventário de mercúrio para estimar as liberações de mercúrio e também os ajudar ao longo do processo de como melhorar e aperfeiçoar o inventário. O objetivo do Toolkit é orientar os responsáveis pela elaboração do inventário de um país sobre as diferentes técnicas e estágios do desenvolvimento do inventário, oferecendo metodologia, exemplos ilustrativos e amplas informações sobre as fontes de liberação de mercúrio. Este Toolkit, portanto, facilita e reduz a carga de trabalho da elaboração de inventários nacionais ou regionais de mercúrio.

28. O Toolkit foi elaborado de forma a produzir uma metodologia simples e uma base de dados que permitam a montagem de inventários nacionais e regionais de mercúrio que sejam uniformes. Inclui um procedimento recomendado pelo PNUMA para a compilação eficaz dos inventários de fontes e liberações de mercúrio. Conjuntos de dados comparáveis de liberações de fontes de mercúrio aumentarão a cooperação, a discussão, a definição de metas e assistência internacionais.

29. O Inventário Nível 2 do Toolkit foi projetado para ser adaptável. É uma identificação, não um registro exaustivo, e é projetado para assegurar a identificação positiva da maior parte das fontes significativas. A rapidez e a facilidade de uso foram consideradas mais importantes para os usuários deste Toolkit do que a meta inatingível de 100 por cento de precisão.

30. Uma planilha Excel em separado está disponível na internet para facilitar o cálculo das entradas e saídas das diferentes categorias de fontes. Mais informações sobre a planilha do Inventário Nível 2 serão apresentadas na seção 9.2. A planilha está disponibilizada no site da UNEP Chemicals http://www.unep.org/hazardoussubstances/Mercury/tabid/434/Default.aspx ou pode ser obtida contatando a UNEP Chemicals no endereço constante da contracapa deste documento.

31. O Toolkit fornece links para fontes com mais informações sobre liberações de mercúrio; tanto links gerais para outros bancos de dados nacionais e internacionais como uma infinidade de

referências a relatórios individuais e outros documentos que apresentam dados e mais detalhes sobre os tipos de fontes de liberação de mercúrio.

32. O Toolkit realça as vias do mercúrio na sociedade, no meio ambiente e em outros meios receptores. Visa fornecer uma metodologia e fatores de entrada e de distribuição de saídas associados que possam ser usados para estimar as liberações de mercúrio em todos os meios (ar, água, solo, produtos e resíduos).

33. O Toolkit está projetado para ser usado em todos os países, mas pretende, em particular, ajudar os países que ainda não desenvolveram inventários abrangentes de mercúrio a começarem ou aperfeiçoarem seus inventários provisórios. Cada país irá investigar os setores de forma diferente, dependendo dos recursos disponíveis e da prioridade dada a cada setor.

34. O Inventário Nível 1 do Toolkit oferece um procedimento que permite uma abordagem de etapas para 1) identificar as principais categorias de fontes presentes no país ou região, 2) identificar subcategorias individuais (tipos de fontes) e, por fim — se desejado — 3) desenvolver estimativas quantitativas das liberações das fontes identificadas ou de uma seleção de fontes prioritárias. Também poderia ser interessante realizar trabalho adicional sobre determinadas fontes em algum momento do futuro à medida que outras informações ou recursos sejam disponibilizados. O uso de fatores de liberação-padrão e os dados medidos no local ajudará a aperfeiçoar e melhorar o Toolkit para sua aplicação em outros países.

35. Diretrizes do Toolkit para o Inventário Nível 1, em separado, descrevem a metodologia e os procedimentos simplificados do Inventário Nível 1.

2.3 Limitações do presente Toolkit

36. O Toolkit foi projetado para incluir todos os tipos conhecidos de fontes de liberação de mercúrio, mas podem existir fontes que não estejam contabilizadas neste Toolkit. Se um país identificar fontes novas, essas deverão ser incluídas no inventário nacional e o país deve submeter as informações sobre sua existência, suas características e potencial importância à UNEP Chemicals para serem adicionadas ao banco de dados sobre mercúrio.

37. Os dados apresentados neste Toolkit são extraídos principalmente de fontes de dados de fácil acesso. Dados adicionais podem existir que enriqueceriam — ou possivelmente modificariam — a caracterização de cada tipo de fonte de liberação. Os dados provenientes de países em desenvolvimento podem contribuir significativamente para uma compreensão global das liberações de mercúrio, porque as condições prevalecentes podem ser bastante diferentes da situação nos países desenvolvidos, onde a maioria dos dados apresentados foram coletados.

38. Embora o uso de dados específicos por fonte seja sempre a abordagem preferida e conduza às melhores estimativas de liberações, ao desenvolver este Toolkit foi feita uma tentativa de desenvolver fatores-padrão de entrada e distribuição que possam ser úteis para os usuários que enfrentam dificuldades na obtenção de dados específicos por fonte. Deve ser ressaltado que os fatores-padrão sugeridos no presente Toolkit baseiam-se num banco de dados limitado e, como tal, devem ser considerados sujeitos a revisões à medida que cresça o banco de dados. Portanto, parece ser conveniente revisar e confirmar, namedida do possível, os principais dados específicos por fonte para as condições locais/nacionais antes de se tomarem decisões de peso sobre a implementação de iniciativas de mitigação.

39. Como descrito na seção 2.1 do Relatório do PNUMA da Avaliação Mundial do Mercúrio, a forma (ou espécies) das liberações de mercúrio constitui um fator importante para seu destino ambiental, transporte, toxicidade e susceptibilidade ao controle. Apreciamos o valor de coletar e informar as liberações das diferentes formas de mercúrio (em especial o mercúrio elementar e

mercúrio oxidado) e estamos conscientes de que alguns países (e outras organizações) tenham realizado esforços nesse sentido. Neste momento, constatamos que fornecer orientação para o cálculo e relatórios das liberações de diferentes espécies de mercúrio está além do escopo deste documento preliminar. Por conseguinte, este documento preliminar não apresenta orientações para o cálculo ou relatórios sobre as diferentes formas de liberações de mercúrio. No entanto, versões futuras deste Toolkit poderão incluir essas informações.

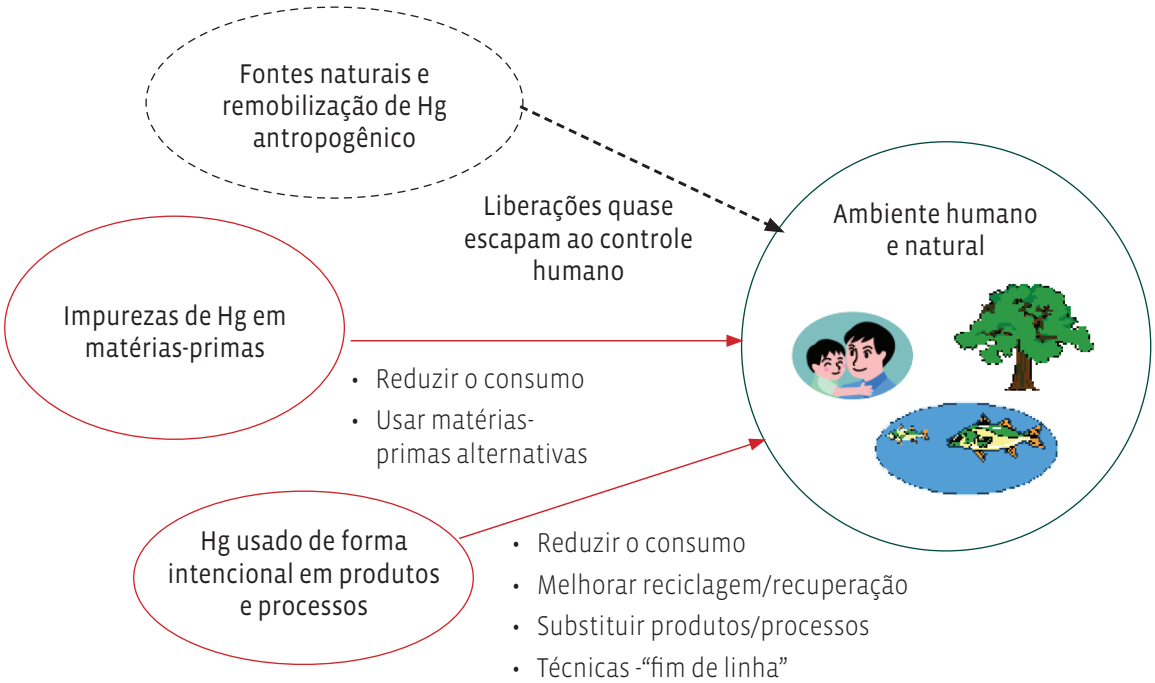
3. Fontes antropogênicas das liberações de mercúrio

40. As liberações de mercúrio para a biosfera podem ser agrupadas em quatro categorias (UNEP, 2002):

- fontes naturais – liberações devidas à mobilização natural do mercúrio que se encontra na crosta terrestre, por exemplo, a atividade vulcânica e intemperismo das rochas;
- liberações antropogênicas (associadas à atividade humana) atuais advindas da mobilização das impurezas de mercúrio nas matérias-primas, como os combustíveis fósseis – especialmente o carvão mineral, e, em menor grau, gás e petróleo – e outros minerais extraídos, beneficiados e reciclados;
- as liberações antropogênicas atuais do mercúrio usado de forma deliberada em produtos e processos, devido a liberações durante a manufatura, vazamentos, destinação ou incineração de produtos utilizados ou outras liberações;
- remobilização de liberações antropogênicas históricas de mercúrio anteriormente depositadas em solos, sedimentos, corpos d'água, aterros sanitários e depósitos de resíduos/rejeitos.

41. A Figura 3-1 apresenta essas categorias de liberação com os principais tipos de mecanismos de controle.

Figura 3-1 Principais fontes de liberações de mercúrio (Hg) ao meio ambiente e principais opções de controle



42. Este Toolkit visa orientar os usuários quanto à identificação e quantificação das liberações antropogênicas de mercúrio que podem ser reduzidas por meio de diversas ações normativas ou outras abordagens. Portanto, este Toolkit se concentra nas atuais liberações antropogênicas advindas da mobilização de impurezas de mercúrio, do uso intencional de mercúrio em produtos e processos e de depósitos gerados pelo homem, como aterros sanitários, áreas contaminadas

e depósitos de rejeitos de mineração. Essas formas de liberação antropogênica formam a base da classificação das fontes de liberação no Toolkit.

43. O Toolkit não inclui as fontes naturais de mercúrio nem a remobilização de deposição atmosférica anterior, já que iniciativas de redução de liberações não são relevantes para essas fontes. No entanto, essas fontes contribuem para os impactos adversos do mercúrio sobre a saúde humana e o meio ambiente, e em alguns casos poderão requerer atenção especial. A Avaliação Mundial do Mercúrio oferece mais informações sobre fontes de mercúrio natural e remobilização (UNEP, 2002).

3.1 Processos de liberações ao meio ambiente

O MERCÚRIO PERSISTE NO MEIO AMBIENTE

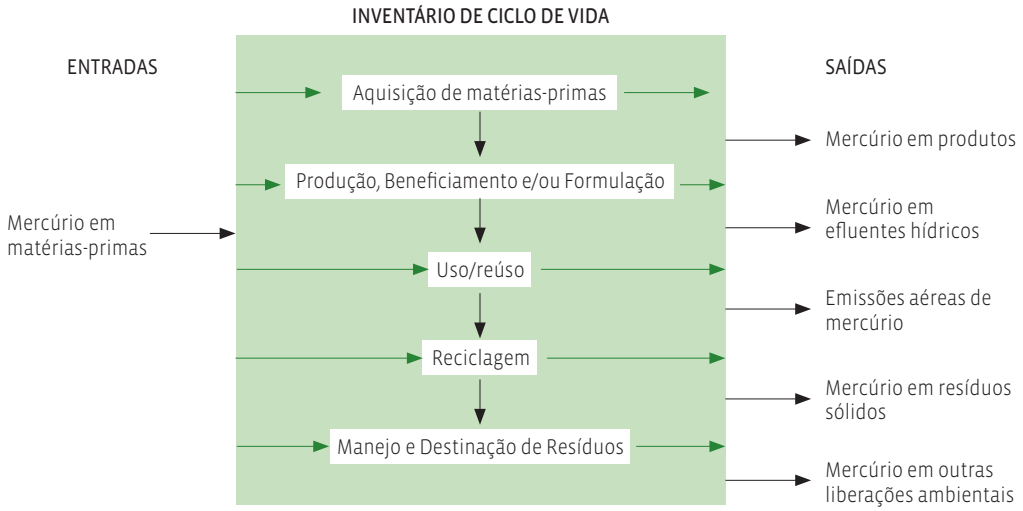
44. Um fato fundamental para entender as vias do mercúrio na sociedade e no meio ambiente é que o mercúrio é um elemento e, apesar de sua forma poder mudar ao longo do seu ciclo, não pode ser decomposto nem degradado em substâncias inócuas. Isso significa que, uma vez que o mercúrio entra em circulação na sociedade/biosfera devido a alguma atividade humana, ele não "desaparece" novamente em períodos de tempo comparáveis à vida humana e precisa ser administrado (armazenado ou destinado) no longo prazo.

LIBERAÇÕES AO LONGO DO "CICLO DE VIDA" DE UM PRODUTO OU PROCESSO

45. Para ilustrar a natureza dos fluxos de mercúrio na sociedade e das liberações de mercúrio no meio ambiente, o conceito de ciclo de vida pode ser útil. O conceito de ciclo de vida é uma abordagem de "berço ao túmulo" que reconhece que todas as fases da "vida" de um produto ou processo (extração e beneficiamento de matérias-primas, manufatura, transporte e distribuição, utilização/reutilização, reciclagem e destinação de resíduos) podem causar impactos ambientais. A abordagem de ciclo de vida pode ser usada durante a coleta de dados e elaboração de um inventário, e para classificar o ônus ambiental de produtos, processos e serviços.

46. O diagrama a seguir analisa um inventário de ciclo de vida de um produto ou processo em entradas e saídas de mercúrio nos materiais e em liberações ambientais.

Figura 3-2 Ilustração de um inventário de ciclo de vida analisado por entradas e saídas em materiais bem como em liberações ambientais

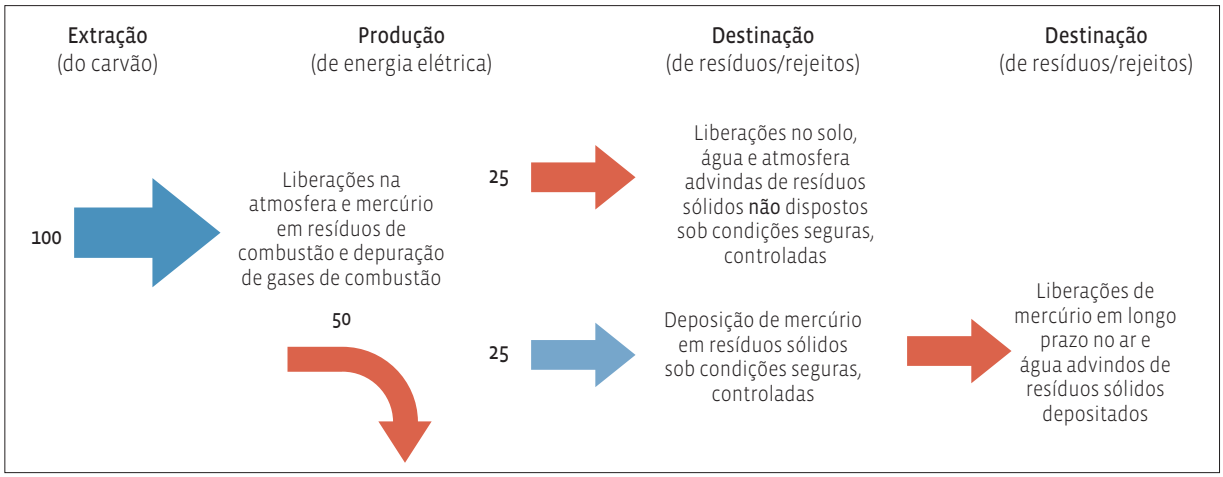


47. As liberações de mercúrio podem ocorrer em todas as fases do ciclo de vida de um produto com mercúrio adicionado ou processo que contenha mercúrio. Como o mercúrio é um elemento e, portanto, não é formado nem degradado durante seu ciclo de vida (embora possa mudar a forma), o total de entradas de mercúrio será igual ao total de saídas. Isso significa que as liberações de mercúrio de uma determinada atividade humana podem ser vistas como a distribuição consecutiva da entrada original de mercúrio para diversos meios ou vias de liberação durante as várias fases do ciclo de vida do produto ou do processo em questão.

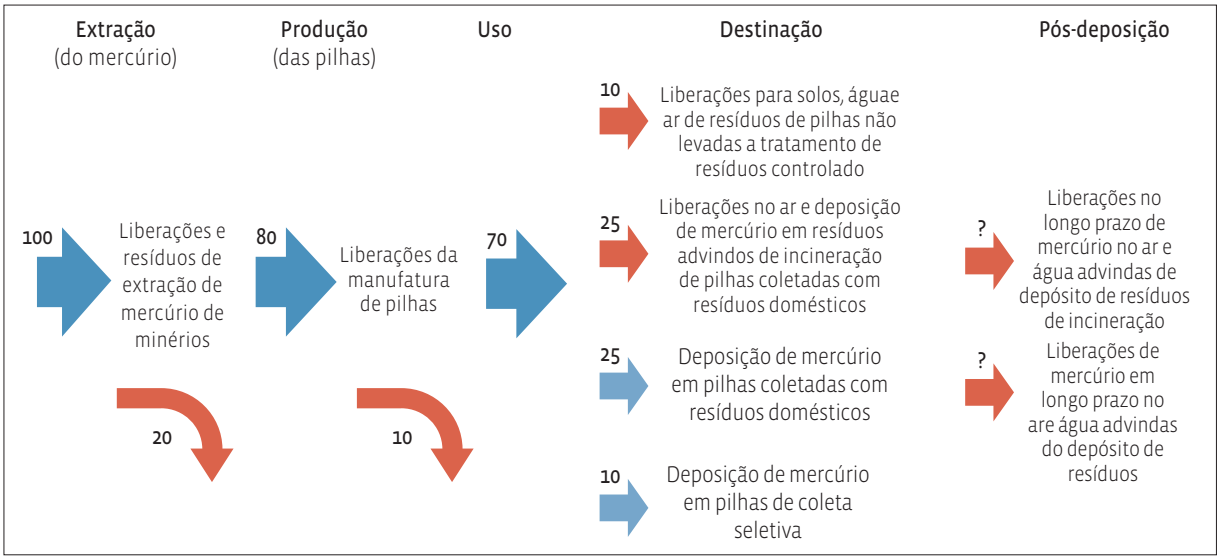
48. Exemplos do ciclo de vida do mercúrio num processo e num produto e as liberações de mercúrio que ocorrem ao longo do ciclo de vida podem ser vistos na Figura 3-3. Apenas aquelas fases do ciclo de vida que sejam relevantes para as liberações de mercúrio aparecem na figura.

Figura 3-3 Ilustração do ciclo de vida do mercúrio (a,b)

a) O ciclo de vida do mercúrio na produção de energia por meio da combustão de carvão mineral.



b) O ciclo de vida de mercúrio nas pilhas e baterias de óxido de mercúrio.



Notas: Os números indicam a porcentagem relativa da entrada original de mercúrio (teor em carvão e minérios, respectivamente), nas distintas vias de liberação, num exemplo fictício, mas realista.
A seta vermelha indica ocorrência de liberações diretas e a seta azul indica outros fluxos.

49. Por uma questão de conveniência, as liberações da extração primária do mercúrio, bem como as liberações do tratamento de resíduos em geral(domésticos) e águas residuais, estão descritas e avaliadas de forma separada neste Toolkit, mas as ligações importantes entre essas fases e as fases intermediárias de uso e produção estão anotadas na descrição das fontes de liberação de mercúrio.

3.2 Exemplos de liberações de mercúrio a diferentes vias

LIBERAÇÕES PARA OS MEIOS AMBIENTAIS

50. A Figura 3-4 abaixo apresenta exemplos de liberações antropogênicas de mercúrio para os diferentes compartimentos ambientais (aqui chamados de via, mas muitas vezes também chamados de compartimentos ou rotas).

Figura 3-4 Exemplos de liberações antropogênicas de mercúrio para os diferentes meios ambientais

Exemplos de liberações antropogênicas de mercúrio para os compartimentos ambientais

Destinos das liberações para o meio ambiente e os tipos de liberações para cada meio ambiental receptor:

- Ar – a atmosfera: Fontes pontuais e difusas, das quais a liberação pode ser distribuída no local, região e hemisfério/mundo por meio das massas de ar.
- Emissões das principais fontes pontuais, tais como centrais termoelétricas a carvão, extração de metais, incineração de resíduos, instalações de cloro-álcali, reciclagem/fundição secundária de sucata, produção de cimento, produção industrial de substâncias químicas inorgânicas, produção de substâncias químicas e fontes difusas como habitação (combustão de combustíveis fósseis).
- Emissões da mineração artesanal de ouro.
- Emissões de cremação, principalmente devido a obturações dentárias que contêm mercúrio.
- Emissões de tintas que contêm mercúrio.
- Liberações difusas de resíduos de produtos não coletados (lâmpadas fluorescentes, pilhas e baterias, termômetros, interruptores de mercúrio, dentes extraídos com obturações de amálgama, etc.).
- Evaporação de lançamentos anteriores no solo e na água.
- Evaporação de mercúrio destinado em aterros sanitários.
- Água – ambiente aquático: Fontes pontuais e difusas a partir das quais o mercúrio será distribuído par os ambientes marinhos (oceanos) e águas doces (rios, lagos, etc.).
- Lançamentos diretos da indústria e domicílios nos ambientes aquáticos.
- Emissões da mineração artesanal de ouro.
- Lançamentos indiretos por meio de sistemas de tratamento de águas residuais.
- Escoamento superficial e chorume de solos contaminados com mercúrio e aterros sanitários sem membranas de coleta de chorume e sem sistemas de tratamento de chorume.
- Escoamento de mercúrio anteriormente aplicado ou depositado no solo.
- Terra/solo– ambiente terrestre: Superfícies do solo e águas de superfície em geral.
- Liberações difusas de resíduos de produtos não coletados (lâmpadas fluorescentes, pilhas e baterias, termômetros, interruptores de mercúrio, dentes extraídos com obturações de amálgama, etc.).
- Liberações locais da indústria: Armazenamento in loco de materiais e resíduos, canos quebrados ou não usados e equipamentos e material de construção contaminados com mercúrio.
- Distribuição de lodo de estações de tratamento de efluente com teor de mercúrio em terras agrícolas (usado como adubo).
- Uso de agrotóxicos com compostos de mercúrio; no solo, sementes ou mudas.
- Uso de resíduos sólidos da incineração de resíduos e combustão de carvão para fins de construção (escória/cinzas residuais e cinzas volantes).
- Enterro de pessoa com obturação de amálgama dentário.

FLUXOS/LIBERAÇÕES DE MERCÚRIO POR OUTRAS VIAS

51. Além das vias de liberação relacionadas acima (ar, água, solo), este Toolkit trabalha com as vias de saídas "produtos", "resíduos em geral" e "tratamento de resíduos específico para o setor". Isso se faz por motivos de ordem prática durante a elaboração do inventário, mas, mesmo assim, os meios receptores finais no longo prazo podem ser o solo, ar e água. Alguns exemplos de liberações/fluxos de mercúrio por "produtos", "resíduos em geral"e "tratamento de resíduos específico para o setor" podem ser vistos na Figura 3-5 a seguir.

Figura 3-5 Exemplos de fluxos/liberações de mercúrio para as vias intermediárias: "produtos", "resíduos em geral" e "tratamento de resíduos específico para cada setor" das liberações antropogênicas de mercúrio para os diferentes compartimentos ambientais

Exemplos de liberações/fluxos de mercúrio pelas vias intermediárias "produtos", "resíduos em geral" e "tratamento de resíduos específico para o setor"

- Produtos (como via de saída): Subprodutos que contenham mercúrio, que são devolvidos ao mercado e não podem ser alocados diretamente a liberações ambientais.
- Subprodutos com teor de mercúrio, quer em concentrações mínimas, onde o mercúrio seja uma impureza de materiais recuperados, quer como subproduto do mercúrio ou subprodutos brutos de compostos de mercúrio advindos da extração primária de metais (mineração).
- Placas de gesso produzidas a partir de resíduos sólidos da depuração de gases de combustão em centrais termoelétricas a carvão (com concentrações mínimas de mercúrio).
- Ácido sulfúrico produzido a partir da dessulfuração de gases de combustão (depuração de gases de combustão) em fábricas de metais não ferrosos (com concentrações mínimas de mercúrio).
- O cloro e o hidróxido de sódio produzidos com tecnologia de cloro-álcali baseada no mercúrio (com concentrações mínimas de mercúrio).
- O mercúrio metálico ou calomelano como subproduto da mineração de metais não ferrosos (altas concentrações de mercúrio).
- Resíduos em geral: Também chamado de resíduos municipais em alguns países. Geralmente consistem em resíduos domésticos e institucionais — a maior parte dos resíduos em geral da população — onde os resíduos passam por tratamento, como incineração ou deposição em circunstâncias controladas.
- Bens de consumo com mercúrio adicionado, como pilhas e baterias, termômetros, dentes humanos com obturações de amálgama de mercúrio, equipamentos eletrônicos com interruptores de mercúrio, lâmpadas fluorescentes, etc., que não fazem parte de coleta seletiva ou sistemas de tratamento específicos.
- Resíduos normais de alto volume como, papel, plásticos, etc., com concentrações muito pequenas de mercúrio.
- Tratamento de resíduos específico para cada setor: Resíduos da indústria e consumidores que sejam coletados e tratados em sistemas distintos e, em alguns casos, reciclados.
- Resíduos industriais perigosos com alto teor de mercúrio, geralmente advindos do uso intencional de mercúrio — que podem estararmazenados em recipientes lacrados em depósitos com proteção própria ou, em alguns casos, incinerados (devido ao conteúdo de outras substâncias que são combustíveis).
- Resíduos perigosos advindos de operações de fundição e reciclagem de sucata.
- Resíduos perigosos de consumidores com teor de mercúrio, principalmente da coleta seletiva de pilhas e baterias, termômetros, interruptores de mercúrio, dentes extraídos com obturações de amálgama, etc.
- Elevado volume de resíduos/rochas da extração de metais ou minerais.
- Resíduos sólidos da incineração de resíduos (escória/cinzas residuais e cinzas volantes).

52. A Figura 3-3 mostra que a destinação de resíduos é uma das principais vias de saída/liberações no ciclo de vida de produtos e materiais que contêm mercúrio. O tratamento de resíduos e de águas residuais são exemplos de fontes de liberação de mercúrio, para as quais a origem do mercúrio precisa ser determinada, a fim de se poder considerar as melhores maneiras de reduzir

as liberações com bom custo-benefício. Embora esses sistemas sejam implementados para a redução dos impactos ambientais de diversos poluentes, geralmente não levam à eliminação total de todo o mercúrio presente nos resíduos. Isso se deve às particulares características do mercúrio junto com as tecnologias e procedimentos empregados (como descrito nas Seções 5.8 - 5.10 sobre os diferentes sistemas de tratamento de resíduos). A redução ou eliminação do mercúrio antes que se torne um resíduo (em produtos e processos) é tida como a opção de melhor custo-benefício para reduzir as liberações.

53. Para mais informações sobre vias de saídas, consulte a descrição da abordagem de inventário do Toolkit na seção 4.4.4. Para ver exemplos da importância relativa das liberações de mercúrio de diferentes fontes de um determinado número de países e também entre a mobilização de impurezas e o uso intencional de mercúrio, consulte o Capítulo 6 do relatório da Avaliação Mundial do Mercúrio (UNEP, 2002).

3.3 Emissões globais totais estimadas do mercúrio na atmosfera

54. A Avaliação Mundial do Mercúrio: Fontes, Emissões, Liberações e Transporte Ambiental (UNEP, 2013) afirma que as emissões globais totais de mercúrio na atmosfera da atividade humana em 2010 foram estimadas em aproximadamente 1960 (1010-4070) toneladas/ano. Com base num banco de dados menos exaustivo, as liberações quantificadas antropogênicas na água de fontes pontuais foram estimadas em 185 (42,6-582) toneladas/ano e as liberações a partir de áreas contaminadas na água foram estimadas em 8,3-33,5 toneladas/ano. Inventários recentes de liberações de mercúrio em outros compartimentos ambientais, solos e resíduos não estão disponíveis.

55. Uma breve visão geral das emissões globais, extraídas da UNEP (2013), está apresentada nessa seção para colocar os resultados de inventários nacionais numa perspectiva global. As liberações antropogênicas estimadas de mercúrio na atmosfera, por setor, estão apresentadas na Tabela 3-1.

56. Conforme apresentado, as emissões da mineração do ouro artesanal e de pequeno porte são de 727 toneladas/ano, de acordo com o inventário de 2010, sendo a principal fonte de emissões atmosféricas.

57. A queima de carvão continua sendo uma fonte importante de emissões, responsável por cerca de 475 toneladas de emissões atmosféricas de mercúrio por ano, em comparação com as 10 toneladas advindas da queima de outros combustíveis fósseis. De acordo com o inventário, mais de 85 por cento dessas emissões vêm da queima de carvão nas usinas termoelétricas e deusos industriais.

58. Outras importantes fontes de mercúrio na atmosfera são: a produção em larga escala de metais não ferrosos (como ouro, zinco, cobre e chumbo), produção de cimento, manuseio de resíduos de produtos com mercúrio e áreas contaminadas.

59. Em termos geográficos, cerca de 40 por cento das liberações antropogênicas globais de mercúrio para a atmosfera ocorrem no sudeste da Ásia e na Ásia Oriental. Outros grandes contribuintes incluem a África Subsaariana (16 por cento) e a América do Sul (13 por cento); estes últimos devido principalmente à extração de ouro artesanal e em pequena escala.

60. Em relação às liberações de fontes pontuais na água, as principais contribuições quantificadas vieram do setor de produção de metais não ferrosos e do tratamento dos resíduos de produtos com mercúrio adicionado. As liberações na água vindas da extração do ouro artesanal e de pequena escala não são quantificadas individualmente, mas é provável que seja uma fonte importante.

Tabela 3-1 Resumo das emissões antropogênicas globais na atmosfera em 2010, por setor(UNEP, 2013).

	Setor	Emissão (faixa), toneladas*	%**
Subprodutos ou emissões não intencionais	Queima de combustível fóssil		
	Queima de carvão (todos usos)	474 (304-678)	24
	Queima de petróleo e gás natural	9,9 (4,5-16,3)	1
	Mineração, fundição e produção de metais		
	Produção primária de metais ferrosos	45,5 (20,5-241)	2
	Produção primária de metais não ferrosos (Al, Cu, Pb, Zn)	193 (82-660)	10
	Produção de ouro em larga escala	97,3 (0,7-247)	5
	Produção das minas de mercúrio	11,7 (6,9-17,8)	<1
	Produção de cimento	173 (410-1040)	37
	Refinação de petróleo	16 (7,3-26,4)	1
	Áreas contaminadas	82,5 (70-95)	4
	Usos intencionais		
	Mineração de ouro artesanal e em pequena escala (garimpo)	727 (410-1040)	37
	Indústria cloro-álcali	28,4 (10,2-54,7)	1
	Resíduos de produtos de consumidor	95,6 (23,7-330)	5
	Cremação (amálgama dentário)	3,6 (0,9-11,9)	<1
	Total Geral	1960 (1010-4070)	100

* Valores arredondados para 3 algarismos significativos
** Arredondado à porcentagem mais próxima

4 Etapas para a elaboração de um Inventário Nível 2 de mercúrio

4.1 Introdução ao conceito de Inventário Nível 2

61. Esta seção descreve os procedimentos para o Inventário Nível 2 do Toolkit. No caso de estar realizando seu primeiro inventário usando este Toolkit, recomendamos elaborar primeiro o inventário mais simples e mais padronizado do Inventário Nível 1, a não ser que esteja decidido a elaborar um inventário detalhado desde o princípio. As "Diretrizes para o Inventário Nível 1" do Toolkit descrevem os primeiros passos da elaboração do primeiro inventário com este Toolkit e também sugere quando pode ser benéfico detalhar determinadas partes do inventário de acordo com o Inventário Nível 2.

62. O Inventário Nível 2 do Toolkit consiste num procedimento padronizado de quatro etapas para a elaboração de inventários de fontes, que sejam uniformes e comparáveis, como mostra a Figura 4-1a seguir.

Figura 4-1 A abordagem recomendada de quatro etapas para elaborar um inventário nacional de liberações de mercúrio utilizando o Toolkit

Estabelecimento de um inventário nacional de emissões de mercúrio utilizando este toolkit

ETAPA 1 – Aplicar a matriz de identificação para identificar as principais categorias de fontes presentes no país ou região sob exame e identificar as descrições existentes das fontes de mercúrio no país.

ETAPA 2 – Detalhar as principais categorias de fontes em subcategorias e coletar informações adicionais qualitativas a fim de identificar atividades e fontes de liberações de mercúrio no país; e, se possível, a importância relativa de cada uma.

ETAPA 3 – Coletar informações detalhadas quantitativas sobre as fontes identificadas e quantificar as liberações com dados específicos da fonte ou com os fatores-padrão de distribuição de entrada e saída de mercúrio que constam deste Toolkit.

ETAPA 4 – Aplicar em todo o país para elaborar um inventário completo e informar os resultados fazendo uso da orientação provida no formato-padrão.

63. Na primeira etapa, aplica-se uma matriz de identificação aproximada para identificar as principais categorias de fontes de mercúrio presentes no país. Também deverão ser identificados e coletados inventários parciais de mercúrio existentes ou descrições de fontes de mercúrio no país ou região. Se tiver completado o Inventário Nível 1, não será necessário realizar essa etapa novamente no Inventário Nível 2.

64. Na segunda etapa, essas principais categorias de fontes são reclassificadas em subcategorias para identificar cada atividade capaz de liberar mercúrio. Se a intenção for apenas realizar uma identificação qualitativa dos tipos de fontes existentes no país ou região, a terceira etapa (quantificação) pode ser omitida e os dados qualitativos podem ser apresentados na forma de uma lista comentada das principais categorias e subcategorias de fontes identificadas no país. No entanto, para prover uma melhor base para a avaliação preliminar e o estabelecimento de prioridades para novas ações para enfrentar as liberações de mercúrio, é altamente recomendável incluir, no mínimo, informações que indiquem a grandeza relativa da subcategoria como fonte de liberações de mercúrio, como descrito na Etapa 3 a seguir. Se tiver completado o Inventário Nível 1, não será necessário realizar a Etapa 2 do Inventário Nível 2.

65. Na terceira etapa é desenvolvido um inventário quantitativo. Nessa etapa, será avaliada a pertinência de se elaborar um inventário quantitativo completo desde o princípio ou um inventário provisório, como um primeiro passo, para apoiar o estabelecimento de futuras prioridades e dar início a comunicações com os participantes/revisores do inventário. Um inventário provisório poderá apresentar as subcategorias de fonte identificadas em conjunto com uma indicação de sua importância relativa. Uma impressão inicial da importância da magnitude das liberações de mercúrio — das subcategorias identificadas — poderá ser formada por meio da coleta e uso dos dados do volume de atividades (veja a seguir) e/ou outras informações relevantes, como o número aproximado e tamanho de instalações de uma determinada indústria, número aproximado de pessoas envolvidas em determinada atividade, como garimpo.A obtenção de informações sobre os principais usos intencionais do mercúrio dentro do país será particularmente útil como uma contribuição importante para o inventário provisório. Um relatório provisório pode ser elaborado de acordo com o esquema descrito na Seção 4.5.3.

66. No caso de um inventário quantitativo completo, são reunidos dados do volume de atividade ("taxas de atividade") e informações específicas sobre os processos para estimar as liberações de mercúrio das fontes identificadas de liberações de mercúrio no país (ou região) em questão. As liberações são calculadas mediante a equação e os procedimentos apresentados na Seção 4.4 e os dados sobre o tipo de fonte descritos no Capítulo 5.

67. A quarta e última etapa consiste na compilação do inventário de mercúrio padronizado utilizando os resultados gerados nas etapas 1-3. Um formato padronizado de apresentação está incluído na seção 4.5.2, para assegurar que todas as fontes conhecidas sejam consideradas (mesmo quando não puderem ser quantificadas), que as lacunas de dados sejam identificadas e que os inventários sejam comparáveis e transparentes.

68. Um fluxograma para ilustrar os detalhes do processo descrito acima se encontra na Figura 4-2 a seguir.

4.1.1 ABORDAGEM DE CICLO DE VIDA

69. Como visto na Figura 3-2anteriormente, as liberações de mercúrio podem ocorrer em todas as fases de um produto ou processo com mercúrio. Sendo o mercúrio um elemento, portanto não criado nem degradado durante seu ciclo de vida (embora possa trocar de forma), suas liberações provenientes de uma determinada atividade humana podem ser vistas como a distribuição consecutiva da entrada original de mercúrio para diversos meios ou vias de liberação durante as várias fases do ciclo de vida do produto ou do processo em questão. Portanto, este Toolkit trabalha com os parâmetros **"entrada de mercúrio"** e **"distribuição de saída"** para cada uma das atividades na cadeia do ciclo de vida.

70. A abordagem do inventário neste Toolkit está organizada de acordo com os processos e produtos relevantes. Para cada produto ou serviço, as liberações são descritas e avaliadas para as fases do ciclo de vida onde possam ocorrer liberações de mercúrio (mesmo se as fases do ciclo de vida possam ser consideradas fontes individuais de liberação em termos de espaço e tempo). Essa abordagem é utilizada na maioria dos inventários existentes mais avançados dos fluxos e liberações de mercúrio, muitas vezes na forma da assim chamada avaliação (ou análise) dos fluxos das substâncias.

71. Exemplos do ciclo de vida de um processo e um produto que contenham mercúrio e as liberações de mercúrio que ocorrem ao longo do seu ciclo de vida podem ser vistos na Figura 3-3 acima. Apenas aquelas fases do ciclo de vida que sejam relevantes para as liberações de mercúrio aparecem na figura.

72. Como pode ser entendido dos exemplos nessa figura, nem as fases do ciclo de vida têm igual potencial de liberação de mercúrio. Em que fase do ciclo de vida possa haver liberações significativas depende muito da natureza dos materiais, processos e produtos em questão. Este

Toolkit se concentra nas principais liberações que podem ocorrer ao longo dos ciclos de vida (veja Seções 4.2 e 4.3), bem como descreve em maiores detalhes, no Capítulo 5, onde, nos ciclos de vida das diferentes fontes de liberação, podem ocorrer liberações significativas de mercúrio, junto com os dados disponíveis de quanto da entrada de mercúrio é liberada em cada fase.

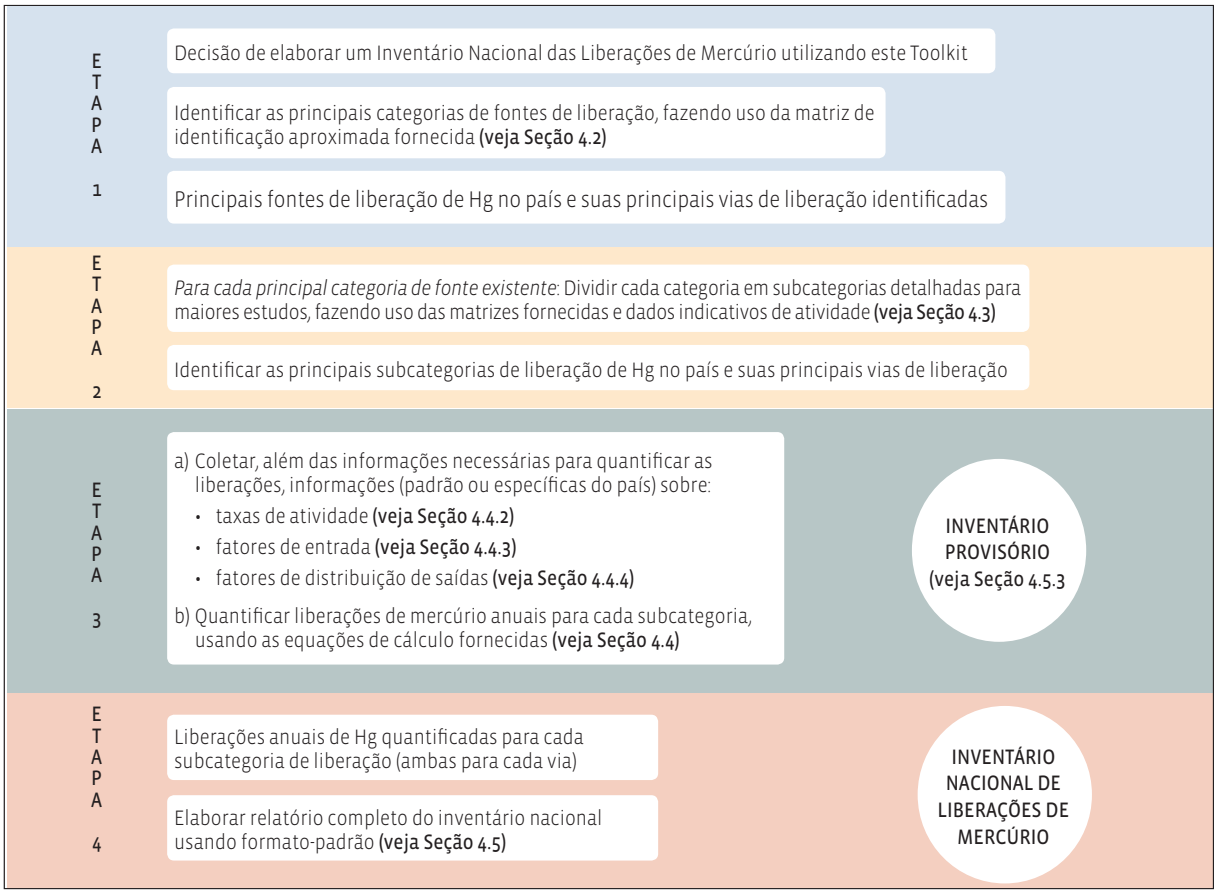
73. Por uma questão de conveniência, as liberações da extração primária do mercúrio, bem como as liberações do tratamento de resíduos comuns (domésticos) e águas residuais estão descritas e avaliadas de forma separada neste Toolkit, mas as ligações importantes entre essas fases e as fases intermediárias de uso e produção estão anotadas na descrição das fontes de liberação de mercúrio.

Entradas de mercúrio

74. O ciclo de vida dos produtos ou processos que contêm mercúrio muitas vezes não está descrito plenamente na literatura disponível, já que podem faltar dados quantitativos ou estes serem de baixa qualidade em algumas das fases do ciclo de vida. Portanto, as entradas de mercúrio são frequentemente derivadas dos tipos de dados mais facilmente disponíveis (como pode ser visto nas descrições das fontes de mercúrio no capítulo 5). Por exemplo, na produção de pilhas e baterias, as entradas de mercúrio podem ser derivadas das bem documentadas concentrações de mercúrio nas pilhas e baterias produzidas, mais os dados sobre o volume de pilhas e baterias produzidas, e não a partir dos verdadeiros insumos da fabricação de pilhas e baterias.

75. As seções dedicadas à descrição das fontes no Capítulo 5 incluem exemplos de entradas de mercúrio para cada tipo de fonte de liberação — à medida que dados tenham sido obtidos durante o processo de elaboração deste Toolkit.

Figura 4-2 Fluxograma detalhando a abordagem de quatro etapas da elaboração de um inventário nacional de liberações de mercúrio utilizando este Toolkit



76. Para algumas fontes selecionadas, os fatores-padrão de entrada foram apresentados nas seções de descrição de fonte no Capítulo 5 deste Toolkit.

77. É importante ressaltar que num mundo ideal a estimativa das liberações de mercúrio advindas das diversas fontes de liberação deveria ser baseada em dados reais, específicos do produto, da instalação industrial ou da atividade sob consideração. Entretanto, na verdade, isso raramente acontece, e muitas vezes gerar essas informações consome muito tempo e dinheiro. Embora o uso de dados específicos por fonte seja sempre a abordagem preferida e conduza às melhores estimativas de liberações, ao desenvolver este Toolkit foi feita uma tentativa de desenvolver fatores-padrão preliminares de entrada e distribuição que possam ser úteis para os usuários que enfrentam dificuldades na obtenção de dados específicos por fonte.

78. Sublinha-se que os fatores-padrão sugeridos no presente Toolkit se baseiam num banco de dados limitado e, como tal, devem ser considerados sujeitos a revisões na medida que se amplie o banco de dados. Ademais, os fatores-padrão apresentados representam opiniões de peritos com base apenas em dados resumidos e — até agora — que carecem de uma abordagem quantitativa sistemática (ou seja, derivação de fatores de distribuição e concentração ponderada do consumo).

79. Devido às incertezas quanto ao uso de dados não específicos, poderá ser uma boa medida calcular e informar os intervalos das entradas e saídas do mercúrio quando os fatores-padrão forem usados. O principal motivo de usarem-se os fatores-padrão é obter uma primeira impressão para saber se a subcategoria é uma fonte significativa de liberação de mercúrio no país. Em princípio, as estimativas de liberação teriam que ser mais aprimoradas (após o cálculo com fatores-padrão) antes que qualquer ação de largo alcance fosse empreendida com base nestas estimativas.

Fatores de distribuição de saídas

80. Para cada tipo de fonte de liberação de mercúrio, as saídas são — à medida que haja dados — apresentadas nas seções das descrições das fontes no Capítulo 5, como a porcentagem relativa das **entradas** que seguem cada via de saída (ou via de liberação) específica — designada aqui como fator de distribuição de saídas. As vias de saída incluem:

- liberações diretas na atmosfera (ar);
- liberações diretas nos ambientes aquáticos (água);
- liberações diretas no solo (ambiente terrestre, incluindo águas subterrâneas);
- fluxos de mercúrio como impurezas em produtos comercializados (por exemplo, placas de gesso produzidos a partir de resíduos sólidos da depuração de gases de combustão nas usinas termoelétricas a carvão);
- fluxos de mercúrio ao sistema público de tratamento de águas residuais;
- fluxos de mercúrio ao sistema de tratamento de resíduos em geral;
- fluxos de mercúrio a sistemas de destinação ou tratamento de resíduos específicos do setor.

  Os princípios utilizados nessa "via de saída" variam de acordo com o setor; poderão envolver, por exemplo, uma coleta seletiva especial e reciclagem, deposição especial segura para os resíduos com alta concentração de mercúrio, ou uso de resíduos de baixa concentração na construção de estradas ou atividades semelhantes. Para distinguir essas formas de destinação das "liberações diretas no solo" não controladas, a primeira deve ser caracterizada por um elemento de valoração com base na avaliação de risco ou aceitação informada pelas autoridades competentes. Quando houver conhecimento do tratamento ou destinação de fato realizados, esse sempre deve ser anotado nos relatórios do inventário.

81. É importante ressaltar que a incineração ou deposição ilegal, informal e não controlada de resíduos nas áreas de fabricação ou outros lugares, sem avaliação de retenção de mercúrio, será considerada neste Toolkit como sendo liberação direta no solo, atmosfera ou água, conforme o caso. Observar também que nas seções de descrição das fontes (Capítulo 5) não é feita distinção entre liberação direta na água e as liberações no sistema de águas residuais. Isso porque a distribuição nessas duas vias varia muito entre países e condições locais, tornando difícil dizer algo geral numa perspectiva global.

82. Este Toolkit não considera que os materiais e produtos comercializados com mercúrio adicionado sejam uma via de liberação. As quantias comercializadas de mercúrio nesses produtos e materiais são abordadas de maneira completa nas seções de descrição das fontes (Capítulo 5) e também devem ser quantificadas no inventário a fim de estimar as liberações de mercúrio no meio ambiente. Exemplos desses produtos e materiais são os termômetros de mercúrio, pilhas e baterias e mercúrio metálico.

83. Para algumas fontes selecionadas, os fatores-padrão de distribuição de saídas foram apresentados nas seções de descrição das fontes no Capítulo 5 deste Toolkit. Veja a seção acima sobre entradas de mercúrio, alguns comentários sobre o uso desses fatores-padrão.

4.2 ETAPA 1: MATRIZ DE IDENTIFICAÇÃO; IDENTIFICAÇÃO DAS PRINCIPAIS CATEGORIAS DE FONTES PRESENTES

84. A primeira etapa da elaboração de um inventário padronizado de fontes de mercúrio é a identificação das principais categorias de fontes presentes no país (ou região) investigado, bem como as principais vias de liberação para cada categoria. Se tiver completado o Inventário Nível 1, não será necessário realizar essa etapa novamente no Inventário Nível 2. A matriz de identificação aproximada fornecida na Tabela 4-1 a seguir facilita a avaliação preliminar das atividades (indústrias, usos de produtos, atividades domésticas, etc.), que podem potencialmente liberar mercúrio em uma ou mais das vias de saída, como definido acima. Para cada principal categoria de fonte, deve ser confirmada a presença ou ausência da atividade no país ou região.

85. Como elemento adicional neste trabalho inicial – e para uso futuro –, devem ser identificadas todos inventários parciais ou descrições de fontes de mercúrio existentes no país.

Tabela 4-1 Matriz de identificação – Principais categorias de fontes e vias de liberação

Capítulo	Principal Categoria de Fonte	Ar	Água	Solo	Produtos	Resíduos/rejeitos
5.1	Extração e uso de combustíveis/fontes energéticas	X	X	x	x	X
5.2	Produção primária (virgem) de metais	X	X	X	X	X
5.3	Produção de outros minerais e materiais com impurezas de mercúrio	X	x	x	x	x
5.4	Uso intencional de mercúrio em processos industriais	X	X	X	X	X
5.5	Produtos de consumo com uso intencional de mercúrio	X	X	X	X	X
5.6	Outros usos intencionais em produtos/ processos	X	X	X	X	X
5.7	Produção de metais reciclados (produção "secundária" de metais)	X	X	X	X	X
5.8	Incineração de resíduos	X	X	X	x	X

Capítulo	Principal Categoria de Fonte	Ar	Água	Solo	Produtos	Resíduos/rejeitos
5.9	Deposição de resíduos/aterros sanitários e tratamento de águas residuais	X	X	X		X
5.10	Crematórios e cemitérios	X		X		x
5.11	Identificação de potenciais focos	Provavelmente apenas registro, a ser seguido de avaliação específica para o local				

Notas: X – Via de liberação que se espera seja predominante nesta principal categoria de fonte.
x – Outras vias de liberação a serem consideradas em função da situação nacional e da fonte específica.

86. Essas principais categorias de fonte de mercúrio são suficientemente amplas para englobar uma grande variedade de indústrias, processos e/ou atividades com potencial de liberar mercúrio. Cada uma das categorias de fonte está estruturada para ter características comuns e uma complexidade manejável. Na matriz de identificação, o "X" maiúsculo denota a via de liberação que se espera seja predominante para aquela principal categoria de fonte e o "x" minúsculo mostra outras vias de liberação que devem ser consideradas. Embora algumas principais categorias de fonte geralmente possam contribuir mais que outras para um inventário nacional de liberação de mercúrio, essa distinção não é feita aqui de forma deliberada, já que essas relações devem diferir consideravelmente de acordo com as condições nacionais ou regionais.

87. Deve-se observar que, para fins de simplificação, as liberações na água e nos sistemas de tratamento de águas residuais são consideradas uma única categoria na tabela. O mesmo ocorre com os resíduos em geral e o tratamento de resíduos específicos.

88. A matriz de identificação aproximada fornece uma orientação sobre as áreas que necessitarão de informações e que podem influenciar a composição de uma equipe para levantar os primeiros dados sobre possíveis fontes de mercúrio existentes num país. A matriz de identificação será o ponto de partida de uma estratégia de buscar a orientação e a experiência necessárias durante a coleta de informações mais detalhadas e a avaliação dos dados.

89. A participação de especialistas com conhecimento aprofundado dos setores onde possam ocorrer liberações de mercúrio no país (ou região) pode ser muito valiosa para a elaboração de um inventário de mercúrio. Ênfase deveria ser dada à identificação dessas pessoas. Estas podem ser especialistas da própria indústria, de instituições de pesquisa, de autoridades ambientais locais ou nacionais, consultores, entre outros. Esses especialistas podem ter conhecimentos significativos que ainda não tenham sido relatados e publicados.

4.3 Etapa 2: Identificação das principais subcategorias de fontes presentes

90. Na segunda etapa serão identificados os processos ou subcategorias de cada principal categoria de fonte que existam no país ou região em questão. Se tiver completado o Inventário Nível 1, não será necessário realizar essa etapa novamente no Inventário Nível 2. Cada uma das dez principais categorias de fontes foi dividida em diversas subcategorias descritas nas subseções a seguir. A lista de subcategorias constitui a matriz de resumo do inventário de mercúrio a ser compilado, descrito mais adiante na seção 4.5.

91. Para cada subcategoria relacionada, uma investigação deverá estabelecer a presença ou ausência da atividade no país ou região. Dados de fácil acesso são muito valiosos nesta fase. Informações estatísticas centralizadas podem ser o mais adequado. Qualquer subcategoria,que se saiba com segurança que não exista no país ou região, poderá ser eliminada do processo de investigação. No entanto, o fato de o processo estar ausente deve ser anotado no inventário.

92. Nas subseções a seguir, a principal categoria de fonte está dividida em diversas subcategorias e são informados detalhes relevantes para cada subcategoria. Além disso, está incluída uma tabela que indica as principais vias de liberação para cada subcategoria. As colunas 2-6 da tabela identificam as vias pelas quais quantidades significativas de mercúrio podem ser potencialmente liberadas. O "X" maiúsculo denota a via de liberação que se espera seja predominante e o "x" minúsculo mostra outras vias de liberação que devem ser consideradas, de acordo com a fonte específica e a situação nacional. A coluna da direita indica se é mais relevante usar uma abordagem de fonte pontual (FP) ou uma abordagem geral (AG). Para mais explicações sobre a abordagem geral e a de fontes pontuais, consulte a Seção 4.4.1.

93. Para fins de simplificação, as liberações na água e em sistemas de tratamento de águas residuais são consideradas uma única categoria nessas tabelas, assim como foi feito nas principais categorias de fonte na Tabela 4-1. O mesmo ocorre aqui com os resíduos em geral e o tratamento de resíduos específicos.

4.3.1 EXTRAÇÃO E USO DE COMBUSTÍVEIS/FONTES ENERGÉTICAS

94. Esta categoria inclui as seguintes subcategorias:

- **combustão de carvão em grandes centrais elétricas**, com capacidade térmica das caldeiras maior que 300MW;
- **outros usos do carvão**, como usinas térmicas menores, aquecimento doméstico e outros usos de carvão;
- **extração, refino e uso de óleo mineral**, isto é, todas as liberações de mercúrio no ciclo de vida do óleo mineral, como aquecimento, produção de energia, uso no transporte, síntese de produtos químicos e polímeros, produção de carbono negro, etc.;
- **extração, refino e uso de gás natural**, isto é, todas as liberações de mercúrio no ciclo de vida do gás natural, como aquecimento, produção de energia, uso no transporte, síntese de produtos químicos e polímeros, produção de carbono negro, etc.;
- **extração e uso de outros combustíveis fósseis**, como xisto betuminoso, turfa, etc.;
- **produção de calor e energia a partir da biomassa**, com uso de madeira, palha, etc.;
- **produção de energia geotérmica**.

95. As principais vias de liberações de mercúrio e a abordagem recomendada para o inventário de cada uma dessas subcategorias estão indicadas na tabela a seguir.

Tabela 4-2 Extração e uso de combustíveis/fontes energéticas: subcategorias com as principais vias de liberações de mercúrio e abordagem de inventário recomendada

Categoria principal – Extração e uso de combustíveis/fontes energéticas							
Capítulo	Subcategoria	Ar	Água	Solo	Produto	Resíduos/ rejeitos	Principal abordagem de inventário
5.1.1	Combustão de carvão mineral em grandes centrais elétricas	X	x	x	x	X	FP
5.1.2	Outros usos do carvão	X		x	x	x	AG
5.1.3	Extração, refino e uso de óleo mineral	X	X	x	x	x	AG/FP
5.1.4	Extração, refino e uso de gás natural	X	X	X	x	X	AG/FP
5.1.5	Extração e uso de outros combustíveis fósseis	X	x	x		x	AG
5.1.6	Produção de calor e energia a partir da biomassa	X	x	x		x	AG

Categoria principal – Extração e uso de combustíveis/fontes energéticas							
Capítulo	Subcategoria	Ar	Água	Solo	Produto	Resíduos/ rejeitos	Principal abordagem de inventário
5.1.7	Produção de energia geotérmica	X					FP

Notas: FP = abordagem por fonte pontual
AG = abordagem geral/nacional.
X – Via de liberação que se espera seja predominante na subcategoria.
x – Outras vias de liberação a serem consideradas em função da situação nacional e da fonte específica.

4.3.2 PRODUÇÃO PRIMÁRIA (VIRGEM) DE METAIS

96. Esta categoria inclui as seguintes subcategorias:

- **extração primária e processamento de mercúrio**, isto é, extração primária dedicada ao mercúrio;
- **extração de ouro e prata utilizando o processo de amalgamação de mercúrio**, isto é, o mercúrio é utilizado de forma intencional para extrair o ouro e a prata, em comparação a outros processos de extração de ouro e de prata;
- **extração de zinco e processamento inicial**, isto é, extração primária e processamento de zinco quando existem impurezas de mercúrio nos minérios;
- **extração de cobre e processamento inicial**, isto é, extração primária e processamento de cobre quando existem impurezas de mercúrio nos minérios;
- **extração de chumbo e processamento inicial**, isto é, extração primária e processamento de chumbo quando existem impurezas de mercúrio nos minérios;
- **extração de ouro e processamento inicial mediante outros métodos que não a amalgamação** onde o mercúrio aparece como uma impureza natural no minério de ouro;
- **extração de alumínio e processamento inicial**, isto é, extração primária e processamento de alumínio quando existem impurezas de mercúrio nos minérios ou outras matérias-primas;
- **extração e processamento de outros metais não ferrosos**, isto é, extração primária e processamento de outros metais não ferrosos como níquel e outros;
- **produção primária de metais ferrosos**, como a produção de ferro, aço, ferro,manganês, etc.

97. As principais vias de liberações de mercúrio e a abordagem recomendada para o inventário de cada uma dessas subcategorias estão indicadas na tabela a seguir.

Tabela 4-3 Produção primária (virgem) de metais: subcategorias com as principais vias de liberações de mercúrio e abordagem de inventário recomendada

Categoria principal — produção primária (virgem) de metais							
Capítulo	Subcategoria	Ar	Água	Solo	Produto	Resíduos/ rejeitos	Principal abordagem de inventário
5.2.1	Extração primária e processamento de mercúrio	X	X	X	X	X	FP
5.2.2	Extração de ouro e prata utilizando o processo de amalgamação de mercúrio	X	X	X			AG
5.2.3	Extração de zinco e processamento inicial	X	X	X	X	X	FP
5.2.4	Extração de cobre e processamento inicial	X	X	X	X	X	FP
5.2.5	Extração de chumbo e processamento inicial	X	X	X	X	X	FP
5.2.6	Extração de ouro e processamento inicial usando outros métodos que não a amalgamação	X	X	X	X	X	FP
5.2.7	Extração de alumínio e processamento inicial	X		x		x	FP

Categoria principal — produção primária (virgem) de metais							
Capítulo	Subcategoria	Ar	Água	Solo	Produto	Resíduos/ rejeitos	Principal abordagem de inventário
5.2.8	Extração e processamento de outros metais não ferrosos	X	X	X		X	FP
5.2.9	Produção primária de metais ferrosos	X				x	FP

Notas: FP = Abordagem por fonte pontual
AG = abordagem geral/nacional.
X – Via de liberação que se espera que seja predominante na subcategoria.
x – Outras vias de liberação a serem consideradas em função da situação nacional e da fonte específica.

4.3.3 PRODUÇÃO DE OUTROS MINERAIS E MATERIAIS COM IMPUREZAS DE MERCÚRIO

98. Esta categoria inclui as seguintes subcategorias:

- **produção de cimento**, inclusive mercúrio na cal, resíduos usados como combustível e outros materiais de insumo;
- **produção de papel e celulose**, inclusive impurezas de mercúrio na madeira, outros combustíveis e soda cáustica e em alguns casos biocidas àbase de mercúrio;
- **produção e processamento de outras matérias-primas**, inclusive a produção e uso de cal, agregados leves, fertilizantes minerais e outros.

99. As principais vias de liberações de mercúrio e a abordagem recomendada para o inventário de cada uma dessas subcategorias estão indicadas na tabela a seguir.

Tabela 4-3 Produção de outros minerais e materiais com impurezas de mercúrio: subcategorias com vias primárias de liberações de mercúrio e abordagem de inventário recomendada

Categoria principal — produção de outros minerais e materiais com impurezas de mercúrio							
Capítulo	Subcategoria	Ar	Água	Solo	Produto	Resíduos/ rejeitos	Principal abordagem de inventário
5.3.1	Produção de cimento	X		x	x	x	FP
5.3.2	Produção de papel e celulose	X	x	x		x	FP
5.3.3	Produção de cal e agregados leves	X			x		FP
5.3.4	Outros minerais e materiais						FP

Notas: FP = abordagem por fonte pontual.
AG = abordagem geral/nacional.
X – Via de liberação que se espera seja predominante na subcategoria.
x – Outras vias de liberação a serem consideradas em função da situação nacional e da fonte específica.

4.3.4 USO INTENCIONAL DE MERCÚRIO EM PROCESSOS INDUSTRIAIS

100. Esta categoria inclui as seguintes subcategorias:

- produção de cloro-álcali com tecnologia de mercúrio; • produção do monômero de cloreto de vinila (MCV) com uso do cloreto de mercúrio ($HgCl_2$) como catalisador;
- produção de acetaldeído com uso de sulfato de mercúrio ($HgSO_4$) como catalisador;
- outras formas de produção de substâncias químicas e polímeros com compostos de mercúrio como catalisadores.

101. As principais vias de liberações de mercúrio e a abordagem recomendada para o inventário de cada uma dessas subcategorias estão indicadas na tabela a seguir.

Tabela 4-5 Uso intencional de mercúrio como material auxiliar em processos industriais: subcategorias com vias primárias de liberações de mercúrio e abordagem de inventário recomendada

Categoria principal — uso intencional de mercúrio como material auxiliar em processos industriais							
Capítulo	Subcategorias	Ar	Água	Solo	Produto	Resíduos/ rejeitos	Principal abordagem de inventário
5.4.1	Produção de cloro-álcali com tecnologia de mercúrio	X	X	X	X	X	FP
5.4.2	Produção de MCV (monômero de cloreto de vinila) com catalisador de cloreto de mercúrio ($HgCl_2$)	x	x			X	FP
5.4.3	Produção de acetaldeído com uso de sulfato de mercúrio ($HgSO_4$) como catalisador	?	?	?	?	?	FP
5.4.4	Outras formas de produção de substâncias químicas e polímeros com uso de compostos de mercúrio como catalisadores	?	?	?	?	?	FP

Notas: FP = abordagem por fonte pontual.
AG = abordagem geral/nacional.
X – Via de liberação que se espera seja predominante na subcategoria.
x – Outras vias de liberação a serem consideradas em função da situação nacional e da fonte específica.

4.3.5 PRODUTOS DE CONSUMO COM USO INTENCIONAL DE MERCÚRIO

102. Esta categoria abrange as principais subcategorias relacionadas a seguir. Esta categoria inclui produtos que podem ser usados por grupos mais amplos (e podem estar sujeitos a procedimentos públicos de tratamento de resíduos). Inclui também as emissões da produção, uso e destinação.

- Termômetros que contêm mercúrio, inclusive termômetros médicos, outros termômetros de vidro (usados em laboratórios, para fins educativos, etc.).
- Interruptores, contatos e relés eletroeletrônicos com mercúrio, inclusive:
- interruptores de nível em bombas de esgoto, bombas d'água, tampas de porta-malas de carros (iluminação), sensores de ABS em automóveis, sistemas de controle da corrida automotiva, tampas de congeladores, alarmes para avisar de quedas de idosos, sinais ferroviários, luzes em sapatos infantis, etc.;
- interruptores de nível multipolares em escavadoras;
- contatos banhados em mercúrio (em eletrônicos);
- relés de transmissão de dados ou "relés de palheta";
- interruptores térmicos, etc.
- Fontes de luz com mercúrio, incluindo:
  - lâmpadas fluorescentes lineares;
  - lâmpadas compactas (pequenas lâmpadas fluorescentes que poupam energia);
  - publicidade urbana com lâmpadas fluorescentes;
  - outras lâmpadas que contenham mercúrio (lâmpadas de Hg e Na para iluminação pública, lâmpadas UV para bronzeamento artificial, fonte de luz nas telas planas LCD para TVs e computadores, lâmpadas de laboratório para espectrometria de absorção atômica, faróis em algumas marcas automotivas, etc.).
- Pilhas e baterias contendo mercúrio, incluindo:

- pilhas e baterias de óxido de mercúrio (cilíndricas e de botão);
- células cilíndricas alcalinas (que contêm mercúrio). (Obs.: nos últimos anos o teor de mercúrio em células cilíndricas alcalinas tem sido reduzido/eliminadoem muitas marcas de pilhas e baterias);
- células de botão da maioria de tipos (que contêm mercúrio).
- **Biocidas e pesticidas**, incluindo tratamento de sementes, desinfetantes de mudas de cana-de-açúcar e outros pesticidas.
- **Tintas**, inclusive algumas tintas látex e possivelmente outras tintas que contêm compostos de mercúrio na forma de biocidas para preservação da vida útil do produto.
- **Produtos farmacêuticos de uso humano e veterinário**, inclusive vacinas, colírios, alguns medicamentos à base de ervas, desinfetantes, etc.
- **Cosméticos e produtos relacionados**, inclusive cremes e sabonetes para clarear a pele, preservação em cosméticos para os olhos, etc.

103. As principais vias de liberações de mercúrio e a abordagem recomendada para o inventário de cada uma dessas subcategorias estão indicadas na tabela a seguir.

Tabela 4-6 Produtos de consumo com uso intencional de mercúrio: subcategorias com vias primárias de liberações de mercúrio e abordagem de inventário recomendada

Categoria principal — produtos de consumo com uso intencional de mercúrio							
Capítulo	Subcategoria	Ar	Água	Solo	Produto	Resíduos/ rejeitos	Principal abordagem de inventário
5.5.1	Termômetros com mercúrio	X	X	X	X	X	AG
5.5.2	Interruptores elétricos e eletrônicos, contatos e relés com mercúrio	X	x	X	X	X	AG
5.5.3	Fontes de luz com mercúrio	X	x	X	X	X	AG
5.5.4	Pilhas e baterias contendo mercúrio	X	x	X	X	X	AG
5.5.5	Poliuretano com catalisador de mercúrio	X	x	x	X	X	AG
5.5.6	Biocidas e pesticidas	X	X	X	X	X	AG
5.5.7	Tintas	X	x	x	X	x	AG
5.5.8	Produtos farmacêuticos de uso humano e veterinário	X	x	x	x	X	AG
5.5.9	Cosméticos e produtos afins		X		X	x	AG

Notas: FP = abordagem por fonte pontual.
AG = abordagem geral/nacional.
X – Via de liberação que se esperaseja predominante na subcategoria.
x – Outras vias de liberação a serem consideradas em função da situação nacional e da fonte específica.

4.3.6 OUTROS USOS INTENCIONAIS EM PRODUTOS/PROCESSOS

104. Esta categoria abrange as principais subcategorias relacionadas abaixo. Inclui também as emissões da produção, uso e destinação.

- **obturações dentárias com amálgama**;
- **manômetros e medidores de pressão arterial**, incluindo:
- medidores de pressão arterial,
- outros manômetros/controladores de pressão de uso industrial, para fins educacionais,

válvulas de pressão de aquecimento urbano (esses controles de pressão podem conter centenas de quilos de mercúrio em cada válvula de controle), etc.;

- **produtos químicos e equipamento de laboratório**, inclusive:
- equipamento especial de laboratório (contadores Coulter, etc.),
- reagentes químicos para análise de DQO, análise Kjeldahl (análise de nitrogênio),
- elétrodos para medições físico-químicas, como eletrodos de calomelano e outros;
- **usos étnicos/culturais/ritualistas**, inclusive uso de metal mercúrio em práticas e ritos religiosos/étnicos/culturais e medicina tradicional;
- **outros usos de metal mercúrio**, inclusive:
  - usos educativos,
  - giroscópios com mercúrio,
  - bombas de vácuo com mercúrio,
  - luzes de navegação marinha em faróis (em alguns tipos, a unidade de lente/lâmpada flutua sobre mercúrio),
  - mercúrio em grandes rolamentos da parte mecânica rotatória em usinas antigas de tratamento de águas residuais;
  - **produtos diversos**, inclusive:
  - semicondutores de detecção infravermelha,
  - bronzeamento,
  - pigmentos,
  - escurecimento e gravação de aço,
  - certos tipos de papel de fotografia a cores,
  - amortecedor de recuo em espingardas,
  - explosivos (fulminato de mercúrio),
  - fogos de artifício,
  - brinquedos executivos.

105. As últimas duas subcategorias, outros usos de metal mercúrio e produtos diversos, abrangem uma grande gama de usos que têm sido informados e são 1) normalmente usos pequenos (baixo consumo) ou 2) usos com poucos dados disponíveis. Esses usos não podem, no entanto, serem descartados como fontes potencialmente importantes de liberação, local ou nacional.

106. As principais vias de liberações de mercúrio e a abordagem recomendada para o inventário de cada uma dessas subcategorias estão indicadas na tabela a seguir.

Tabela 4-7 Outros usos intencionais em produtos/processos: subcategorias com as principais vias de liberações de mercúrio e abordagem de inventário recomendada

Categoria principal — outros usos intencionais em produtos/processos							
Capítulo	Subcategoria	Ar	Água	Solo	Produto	Resíduo s/rejeitos	Principal abordagem de inventário
5.6.1	Obturações dentárias com amálgama	x	X		X	X	AG
5.6.2	Manômetros e medidores de pressão arterial	x	X	x	X	X	AG
5.6.3	Produtos químicos e equipamento de laboratório	x	X		X	X	AG
5.6.4	Uso do metal mercúrio em rituais religiosos e medicina tradicional	X	X	X	X	X	AG

Categoria principal — outros usos intencionais em produtos/processos							
Capítulo	Subcategoria	Ar	Água	Solo	Produto	Resíduo s/rejeitos	Principal abordagem de inventário
5.6.5	Usos de produtos diversos, usos de metal mercúrio e outras fontes	X	X	X	X	X	AG

Notas: FP = abordagem por fonte pontual.
AG = abordagem geral/nacional
X – Via de liberação que se espera seja predominante na subcategoria.
x – Outras vias de liberação a serem consideradas em função da situação nacional e da fonte específica.

4.3.7 PRODUÇÃO DE METAIS RECICLADOS (PRODUÇÃO "SECUNDÁRIA" DE METAIS)

107. Esta categoria inclui as seguintes subcategorias:

- produção de mercúrio reciclado (produção "secundária" de metal), inclusive a coleta e o processamento que fazem parte da reciclagem de mercúrio;
- produção de metais ferrosos reciclados (ferro e aço), inclusive a coleta e o processamento que fazem parte do retalhamento de reciclagem do ferro e do aço (como gestão de sucata, fundição de sucata automotiva, retalhamento e forno de refundição);
- produção de outros metais reciclados.

108. As principais vias de liberações de mercúrio e a abordagem recomendada para o inventário de cada uma dessas subcategorias estão indicadas na tabela a seguir.

Tabela 4-8 Produção de metais reciclados: subcategorias com as principais vias de liberações de mercúrio e abordagem de inventário recomendada

Categoria principal — produção de metais reciclados							
Capítulo	Subcategoria	Ar	Água	Solo	Produto	Resíduos/ rejeitos	Principal abordagem de inventário
5.7.1	Produção de mercúrio reciclado (produção "secundária")	X	X	X	X	X	FP
5.7.2	Produção de metais ferrosos reciclados (ferro e aço)	X	x	x		x	FP
5.7.3	Produção de outros metais reciclados	X	x	x		x	FP

Notas: FP = abordagem por fonte pontual.
AG = abordagem geral/nacional.
X – Via de liberação que se esperaseja predominante na subcategoria.
x – Outras vias de liberação a serem consideradas em função da situação nacional e da fonte específica.

4.3.8 INCINERAÇÃO DE RESÍDUOS

109. Esta categoria inclui as seguintes subcategorias:

- incineração de resíduos em geral/municipais — principalmente resíduos domésticos (domicílios e instituições), que poderão conter mercúrio tanto de uso intencional de todos os tipos como também de impurezas em materiais de alto volume;
- incineração de resíduos perigosos — geralmente resíduos combustíveis da coleta seletiva, que poderão conter mercúrio advindo de uso intencional (por exemplo, pesticidas, tintas, produtos farmacêuticos, compostos orgânicos de mercúrio);

- incineração de resíduos de serviços de saúde — geralmente resíduos que representam riscos à saúde advindo de hospitais, etc., que poderão conter mercúrio vindo de usos intencionais no setor de saúde (termômetros, pilhas e baterias, produtos farmacêuticos, material dentário com obturações, etc.), bem como de impurezas de mercúrio em geral. Os resíduos de serviços de saúde são às vezes queimados em incineradores separados, às vezes em incineradores de resíduos municipais devidamente equipados;
- incineração de lodo de estações de tratamento de efluente — muito do mercúrio encontrado em águas residuais (advindo de diversos tipos de usos de mercúrio, mas frequentemente dominado por resíduos de amálgamas dentários) termina no lodo de estações de tratamento de efluente. Se não for utilizado em áreas agrícolas como adubo, o lodo às vezes é queimado em incineradores separados, às vezes em incineradores de resíduos municipais;
- queima informal de resíduos — queima local informal ou privada de resíduos em fogo aberto, barris, fornos de aquecimento doméstico, etc.

110. É importante lembrar que a entrada original de mercúrio na incineração de resíduos é o mercúrio presente em produtos com uso intencional de mercúrio e os resíduos de produção que contêm mercúrio, bem como outros produtos com impurezas de mercúrio (praticamente "todos os materiais" contêm vestígios de mercúrio). As contribuições de mercúrio para os resíduos provenientes do uso intencional em produtos e processos, bem como em outros tipos de resíduos, são calculadas sob as respectivas categorias de produto e uso deste Toolkit. No entanto, a etapa de destinação de resíduos para muitos desses produtos e materiais representa uma possível maior atividade de liberação de mercúrio que em seus ciclos de vida.

111. As principais vias de liberações de mercúrio e a abordagem recomendada para o inventário de cada uma dessas subcategorias estão indicadas na tabela a seguir.

Tabela 4-9 Incineração de resíduos: subcategorias com as principais vias de liberações de mercúrio e abordagem de inventário recomendada

Categoria principal — incineração de resíduos							
Capítulo	Subcategoria	Ar	Água	Solo	Produto	Resíduos/ rejeitos	Principal abordagem de inventário
5.8.1	Incineração de resíduos municipais/gerais	X	x	x	x	X	FP
5.8.2	Incineração de resíduos perigosos	X	x			X	FP
5.8.3	Incineração de resíduos de serviços de saúde	X	x			X	FP
5.8.4	Incineração de lodos de estações de tratamento de efluentes	X	X			X	FP
5.8.5	Incineração informal de resíduos (queima a céu aberto)	X	X	X			AG

Notas: FP = abordagem por fonte pontual.
AG = abordagem geral/nacional.
X – Via de liberação que se espera seja predominante na subcategoria.
x – Outras vias de liberação a serem consideradas em função da situação nacional e da fonte específica.

4.3.9 DEPOSIÇÃO DE RESÍDUOS/ATERROS SANITÁRIOS E TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS

112. Esta categoria inclui as seguintes subcategorias:

- aterros sanitários/depósitos controlados, isto é, a deposição de resíduos sob procedimentos controlados (com base em avaliações de risco) e retenção de poluentes nos resíduos, inclusive:

- resíduos domésticos (domiciliar e institucional),
- resíduos perigosos/de serviços de saúde,
- resíduos sólidos de combustão/incineração,
- lodo de águas residuais;
- **deposição difusa sob algum controle**, como a disposição de resíduos da incineração e outros resíduos sólidos sob estradas, em construções, etc., sob procedimentos controlados (com base na avaliação de risco) e com alguma retenção dos poluentes do escoamento, etc.;
- **deposição informal local de resíduos da produção industrial**, como resíduos de produção de cloro-álcali, resíduos da produção de químicos e outros resíduos (no local de produção ou em outros locais);
- **despejo informal de resíduos**, isto é, despejo informal, sem controle, de resíduos em geral de forma difusa ou em lixões;
- **sistema/tratamento de águas residuais**, onde qualquer mercúrio nas águas residuais (provenientes de diversos tipos de usos de mercúrio, mas frequentemente dominadas por resíduos de amálgamas dentários) termina no lodo de estações de tratamento de efluente e, em menor grau, na água de saída.

113. É importante lembrar que a entrada original do mercúrio nos resíduos é o mercúrio presente em produtos com uso intencional de mercúrio, produtos com impurezas de mercúrio ("todos os produtos") e resíduos de produção que contêm mercúrio. No entanto, a etapa de destinação de resíduos para muitos desses produtos e materiais representa uma importante atividade de liberação de mercúrio que em seus ciclos de vida.

114. As principais vias de liberações de mercúrio e a abordagem recomendada para o inventário de cada uma dessas subcategorias estão indicadas na tabela abaixo.

Tabela 4-10 Deposição de resíduos/aterros sanitários e tratamento de águas residuais: subcategorias com vias primárias de liberações de mercúrio e abordagem de inventário recomendada

Deposição de resíduos/aterros sanitários e tratamento de águas residuais							
Capítulo	Subcategoria	Ar	Água	Solo	Produto	Resíduos/ rejeitos	Principal abordagem deinventário
5.9.1	Aterros sanitários/depósitos controlados	x	x	X		X	AG
5.9.2	Deposição difusa sob certo grau de controle	x	X	X		X	AG
5.9.3	Deposição informal local de resíduos da produção industrial	X	X	X			FP
5.9.4	Despejo informal de resíduos em geral	X	X	X			AG
5.9.5	Tratamento/sistema de águas residuais		X	X		x	AG/FP

Notas: FP = abordagem por fonte pontual.
AG = abordagem geral/nacional.
X – Via de liberação que se espera seja predominante na subcategoria.
x – Outras vias de liberação a serem consideradas em função da situação nacional e da fonte específica.

4.3.10 CREMATÓRIOS E CEMITÉRIOS

115. Esta categoria inclui as seguintes subcategorias:

- crematórios;
- cemitérios.

116. As principais vias de liberações de mercúrio e a abordagem recomendada para o inventário de cada uma dessas subcategorias estão indicadas na tabela a seguir.

Tabela 4-11 Cremação e cemitérios: subcategorias com as principais vias de liberações de mercúrio e abordagem de inventário recomendada

Categoria principal — crematórios e cemitérios							
Capítulo	Subcategoria	Ar	Água	Solo	Produto	Resíduos/rejeitos	Principal abordagem de inventário
5.10.1	Crematórios	X				x	AG
5.10.2	Cemitérios			X			AG

Notas: FP = abordagem por fonte pontual.
AG = abordagem geral/nacional.
X – Via de liberação que se espera seja predominante na subcategoria.
x – Outras vias de liberação a serem consideradas em função da situação nacional e da fonte específica.

4.3.11 IDENTIFICAÇÃO DE FOCOS POTENCIAIS (ÁREAS CONTAMINADAS)

117. Esta categoria principal tem alguma sobreposição com algumas das subcategorias da deposição de resíduos, mas concentra-se em mercúrio depositado anteriormente que ainda tenha potencial de liberação significativo e de riscos à saúde humana e ao meio ambiente.

118. Os focos existem como resultado direto das práticas de destinação descritas nas seções 5.9.3 e 5.9.4 ou da disposição inadequada de materiais contaminados.As liberações dessas áreas já podem estar em curso ou podem começar caso ações corretivas não sejam tomadas. A Tabela 4-12 a seguirdescreve uma lista indicativa de locais onde focos de mercúrio poderiam ser encontrados.

119. Os focos podem ser ligados a processos de produção existentes e as liberações podem estar ocorrendo a partir de processos *in loco* ou de atividades históricas. Outros focos potencias são os reservatórios, onde materiais que contêm mercúrio tenham sido armazenados, descartados ou acumulados ao longo de muitos anos. Nesses casos, as emissões podem estar em curso, serem iminentes ou serem apenas uma possível ameaça no futuro. A identificação dessas áreas pode ser difícil em algumas situações.

120. A avaliação específica do local de cada foco deverá determinar seu estado atual: ameaça imediata ou possível liberação no futuro. Em qualquer dos casos, a área deverá ser registrada.

121. As principais vias de liberações de mercúrio e a abordagem recomendada para o inventário de cada uma desses focos potenciais estão indicadas na tabela a seguir.

Tabela 4-12 Focos potenciais: subcategorias com as principais vias de liberações de mercúrio e abordagem de inventário recomendada

Categoria principal — identificação de focos potenciais							
Cap.	Subcategoria	Ar	Água	Solo	Produto	Resíduos/ rejeitos	Principal abordagem de inventário
	Locais de produção de cloro-álcali fechados/ abandonados	x	X	X		X	FP
	Outras áreas de anterior produção química onde compostos de mercúrio são/foram produzidos (pesticidas, biocidas, pigmentos, etc.,) ou onde mercúrio ou seus compostos foram utilizados como catalisadores (MCV/ PVC, etc.)	x	X	X	x	X	FP

Categoria principal — identificação de focos potenciais							
Cap.	Subcategoria	Ar	Água	Solo	Produto	Resíduos/ rejeitos	Principal abordagem de inventário
	Áreas de produção fechadas para fabricação de termômetros, interruptores, pilhas e baterias e outros produtos	x	X	X	X	x	FP
	Áreas fechadas de fabricação de papel e celulose (com produção interna de cloro-álcali ou uso anterior de biocidas com base em mercúrio)	x	X	X		X	FP
	Depósitos de rejeitos/resíduos da mineração do mercúrio	x	X	X	X	X	FP
	Depósitos de rejeitos/resíduos da mineração artesanal e de pequena escala de ouro	x	X	X		X	FP
	Depósitos de rejeitos/resíduos da mineração de outros metais não ferrosos	x	X	X	X	X	FP
	Áreas de acidentes relevantes	x	X	X		X	FP
	Dragagem de sedimentos	x	X	X		X	FP
	Áreas de controles de aquecimento urbano descartados (e outros controles fluidos) que utilizam válvulas de pressão de mercúrio		X	X			FP
	Áreas de reciclagem de mercúrio antigas (produção "secundária" de mercúrio)	x	X	X	X	X	FP

Notas: FP = abordagem por fonte pontual.

AG = abordagem geral/nacional.

X – Via de liberação que se esperaseja predominante na subcategoria.

x – Outras vias de liberação a serem consideradas em função da situação nacional e da fonte específica.

4.4 Etapa 3: Coleta de dados e quantificação das liberações de mercúrio

122. Na terceira etapa é desenvolvido um inventário quantitativo. Dados do volume da atividade ("taxas de atividade") e informações e dados específicos sobre os processos são levantados para calcular as liberações de mercúrio das fontes identificadas no país (ou região) em questão. Nesta seção, em primeiro lugar, são apresentados os tipos de dados correspondentes; depois, na seção 4.4.5, as recomendações gerais sobre coleta de dados. É importante ressaltar que o levantamento de dados não está restrito a esta etapa do procedimento, mas poderá ser necessário ao longo de todo o processo da elaboração do inventário de mercúrio.

123. Como atividade preliminar, pode-se avaliar a conveniência de criar um inventário provisório para apoiar a priorização do trabalho adicional e iniciar a comunicação com os participantes/ revisores do inventário. Um inventário provisório poderá apresentar as subcategorias de fonte identificadas em conjunto com uma indicação de sua importância relativa. Uma primeira impressão da importância relativa — dimensão das liberações de mercúrio — das subcategorias de fonte identificadas poderá ser formada se forem reunidos e aplicados dados de volume de atividade (veja abaixo) e/ou outras informações relevantes, como o número aproximado e o tamanho das instalações em determinada indústria, número aproximado de pessoas engajadas numa atividade particular, como mineração de ouro, etc. Um relatório provisório pode ser elaborado de acordo com o esquema descrito na seção 4.5.3.

4.4.1 PRINCÍPIOS DA QUANTIFICAÇÃO

Equação básica de quantificação

124. A meta central deste Toolkit é possibilitar uma estimativa das liberações anuais médias para cada via ou vetor (ar, água, solo, produtos, resíduos em geral, tratamento de resíduos específico do setor) para cada processo identificado de liberação. Essa estimativa pode ser calculada usando a seguinte equação:

EQUAÇÃO 1:

> Liberação estimada=taxa de atividade * fator de entrada * fator de distribuição de saídas para a via X de mercúrio para a via X

125. Em outras palavras, as liberações anuais estimadas de mercúrio para cada via são calculadas pela:

- multiplicação da quantidade de material de insumo processado ou produtos produzidos por unidade de tempo (por exemplo, toneladas ou peças por ano) — chamada de **taxa de atividade** — com
  - um "fator de entrada". Para as subcategorias com apenas uma fase de ciclo de vida (como a combustão de carvão), o fator de entrada é o teor de mercúrio (por exemplo, em gramas de Hg) por unidade de material de insumo processado. Para as subcategorias com mais de uma fase de ciclo de vida (como a produção de pilhas e baterias, o fator de entrada é definido para cada fase. Por exemplo, o fator de entrada para a fase de produção é a quantidade de mercúrio liberada por tonelada de pilhas e baterias produzidas ou de produtos produzidos (por exemplo, tonelada ou peça) — denominada **fator de entrada**.
  - e a fração ou parte (sem unidades) da entrada de mercúrio que é liberada por uma determinada via (ar, água, solo, resíduos em geral ou tratamento de resíduo específico do setor) — denominada o **fator de distribuição de saídas**.

126. Entretanto, é importante ressaltar que os fatores de entrada para muitas subcategorias são mais complexos do que o definido acima. Para as subcategorias com apenas uma fase dominante de ciclo de vida (como a combustão de carvão ou incineração de resíduos), o fator de entrada é o teor de mercúrio (por exemplo, em gramas de Hg) por unidade de material de insumo (por exemplo, carvão, resíduo, etc.) processado. Para as subcategorias com mais de uma fase de ciclo de vida (como as pilhas e baterias ou termômetros que contêm mercúrio), os fatores de entrada são mais complicados e devem ser definidos a cada fase.

127. Também é importante assegurar que as unidades de taxa de atividade, fatores de entrada e liberações sejam usadas de forma adequada nos cálculos. Se as unidades não forem coerentes (e não resultem em resultados matemáticos corretos), deverão ser usados fatores de conversão para converter as unidades corretamente a fim de que as unidades sigam cálculos matemáticos corretos. As liberações de mercúrio por ano devem ser calculadas e apresentadas em kg (ou toneladas) de mercúrio por ano para cada via relevante (como kg de mercúrio emitido na atmosfera por ano). Observe que nas seções de descrição de fontes no Capítulo 5, os fatores de entrada estão apresentados nas unidades (métricas) mais relevantes para facilitar a leitura. É importante assegurar que essas unidades sejam convertidas para o nível correto de magnitude para resultar em kg de liberações nos informes.

128. Neste Toolkit, sugere-se avaliar e apresentar todas as liberações de mercúrio individualmente para promover a transparência e um procedimento uniforme. No resumo do relatório do inventário, todas as liberações para uma determinada via estão resumidas para cada subcategoria de fonte (e categoria principal). Isso deve ser feito para cada uma das vias que seja relevante para o ciclo de vida da subcategoria em questão. Veja o exemplo a seguir e a Seção 4.5 sobre apresentação do inventário.

Abordagem pontual da fonte ou de visão geral nacional

129. Para algumas subcategorias, as fontes podem se traduzir num número limitado de fontes pontuais bem definidas (com posições geográficas específicas), muitas vezes com características próprias da fábrica. Nesses casos, a **abordagem de fonte pontual** é utilizada. O total nacional (ou regional) das liberações dessa subcategoria é calculado pela soma das liberações de mercúrio (calculadas com a equação (1)) para cada fonte pontual existente no país (ou região).

130. As subcategorias para as quais a abordagem de fonte pontual seria a mais adequada incluem grandes centrais termoelétricas, incineradores municipais de resíduos, produção de cloro-álcali e produção de cimento.

131. Para outras fontes de mercúrio, a abordagem de fonte pontual pode não ser relevante, difícil de implementar ou simplesmente não adequada. Nesses casos, poderá ser utilizada uma **abordagem geral**. Isso ocorre nas fontes onde as liberações não se restringem a uma posição geográfica específica (às vezes chamadas de "fontes por área"), fontes onde os dados disponíveis não são suficientes para elaborar um inventário com a abordagem de fonte pontual, ou fontes onde as fontes pontuais são operadas sob condições muito semelhantes. Nesses casos, o total nacional (ou regional) de emissões da subcategoria poderá ser calculado usando os números nacionais (ou regionais) de taxa de atividade em conjunto com os fatores gerais de entrada de mercúrio e fatores gerais de distribuição de saídas, ou extrapolando as liberações de algumas fontes bem documentadas à escala nacional ou regional (utilizando taxas de atividade nacionais e de fontes pontuais para ampliar progressivamente as estimativas de liberações).

132. Recomenda-se o uso da abordagem geral para as subcategorias como, entre outras, combustão residencial de carvão, destinação de termômetros de mercúrio, cremação e aterros sanitários.

133. A fim de auxiliar os usuários deste Toolkit a estimar as liberações das subcategorias individuais, a principal abordagem recomendada para cada subcategoria está indicada nas tabelas de visão geral das subcategorias na Seção 4.3 e no Capítulo 5. A **abordagem de fonte pontual** foi abreviada "FP" e a **abordagem geral** foi abreviada "AG" nessas tabelas.

Cálculo das liberações individuais ao longo de todo o ciclo de vida

134. No âmbito de uma subcategoria específica, as liberações das fases relevantes do ciclo de vida são calculadas individualmente, mas descritas na mesma seção do relatório do inventário.

135. Para cada subcategoria de fonte descrita no Capítulo 5, inclui-se uma indicação dos principais potenciais de liberação para cada fase do seu ciclo de vida (produção — uso — destinação) e em que compartimento ambiental podem ocorrer as liberações. A informação é dada tanto no texto quanto numa tabela, conforme mostrado a seguir.

Tabela 4-13 Exemplo de uma tabela de visão geral indicando as principais liberações e meios receptores ao longo do ciclo de vida de um produto ou serviço (neste caso para pilhas e baterias com mercúrio)

Fase do ciclo de vida	Ar	Água	Solo	Produtos	Resíduos em geral	Destinação/tratamento específico do setor
Produção	X	x	x	X		x
Uso						
Destinação	X		X		X	X *1

Notas: *1: As pilhas e baterias com mercúrio coletadas de forma seletiva (ou categorizadas como tal) poderão ser destinadas em aterros de segurança especiais.

X – Via de liberação que se espera seja predominante na subcategoria.

x – Outras vias de liberação a serem consideradas em função da situação nacional e da fonte específica.

136. Dentro de uma subcategoria específica, uma abordagem de fonte pontual pode ser melhor para estimar as liberações da fase de produção, enquanto que a abordagem geral pode ser mais adequada para as fases de uso e destinação. Este é o caso, por exemplo, dos termômetros de mercúrio, quando um país tiver apenas uma ou poucas fábricas de termômetros, mas onde os termômetros de mercúrio (inclusive os importados) são usados para diversas finalidades distribuídas em toda a área geográfica do país e são quebrados ou destinados localmente.

Exemplos de cálculo de liberações de mercúrio

137. A Seção 4.4.7 mostra três exemplos de cálculos de entradas e saídas para determinadas categorias de fontes. Nos exemplos, a seguinte tabela é usada para somar todos os resultados dos cálculos. A tabela permite a apresentação — resumida — de todos os dados incluídos nos cálculos e os resultados dos cálculos.

Tabela 4-14 Exemplo de uma possível tabela apresentando, em resumo, as liberações estimadas de mercúrio para uma determinada subcategoria

[Nome da subcategoria]		Unidade	Produção	Uso	Destinação	Soma das liberações para uma via provenientes da fase do ciclo de vida avaliada
Taxa de atividade						–
Fator de entrada para a fase *1						–
Entrada calculada para a fase *2						–
Fatores de distribuição de saída referentes à fase: *3	Ar					–
	Água					–
	Terra					–
	Produtos					–
	Tratamento geral de resíduos					–
	Tratamento de resíduos específico ao setor					–
Cálculo das saídas / libertações para: *4	Ar					
	Água					
	Terra					
	Produtos					
	Tratamento geral de resíduos					
	Tratamento de resíduos específico ao setor					

Notas: *1 [Referência (cruzada) à origem dos fatores de entrada ou de como foram desenvolvidos].

*2 Subcálculo para ser usado no relatório com a fórmula "Entrada = fator de entrada * taxa de atividade" para cada fase.

*3 [Referência (cruzada) à origem dos fatores de entrada].

*4 Calculado com a equação (1) para cada uma das vias em cada fase, por exemplo: liberação de mercúrio na atmosfera da produção = taxa de atividade da produção * fator de entrada da produção * fator de distribuição de saídas para a atmosfera da produção.

4.4.2 USO DAS TAXAS DE ATIVIDADE

138. Como mencionado acima, a taxa de atividade é um parâmetro que descreve o volume de atividade na subcategoria em questão por unidade de tempo (geralmente por ano).

139. A escolha da base da taxa de atividade irá variar de uma subcategoria a outra, pois taxas de atividade diferentes poderão melhor descrever o volume daquela atividade e certos dados podem estar mais facilmente acessíveis nas estatísticas públicas ou outras fontes.

140. Por exemplo, a entrada de mercúrio com o carvão se calcula de forma mais direta multiplicando a concentração do mercúrio no carvão usado (grama de mercúrio por tonelada de carvão) pelo consumo deste carvão (toneladas por ano). É importante observar aqui se a base de peso é "matéria seca" ou outra.

141. Por outro lado, para os termômetros de mercúrio, os dados mais conhecidos são o teor de mercúrio por termômetro (gramas de mercúrio por unidade) e o número de termômetros consumidos ou produzidos por unidade de tempo (como número de unidades por ano).

142. A fim de auxiliar os usuários deste Toolkit a estimar as liberações de subcategorias individuais, os tipos de dados da taxa de atividade necessários para os cálculos do inventário quantitativo estão relacionados nas descrições das subcategorias individuais no capítulo 5, junto com os tipos de fatores de entrada de mercúrio. As informações estão estruturadas em tabelas de visão geral, como o exemplo a seguir.

Tabela 4-15 Exemplo de uma tabela de visão geral indicando os dados de taxa de atividade e tipos de fatores de entrada de mercúrio necessários para estimar as liberações de uma subcategoria específica (neste exemplo, para pilhas e baterias com mercúrio)

Fase do ciclo de vida	Dados de taxa de atividade necessários	Fator de entrada de mercúrio
Produção	Toneladas de pilhas e baterias produzidas por ano (no país)	Kg de mercúrio liberado por tonelada de pilhas e baterias produzidas ***2**
Uso	Não necessário (liberações negligenciáveis)	Não necessário (liberações negligenciáveis)
Destinação	Toneladas de pilhas e baterias consumidas (ou destinadas) por ano ***1**	Kg de mercúrio destinado ou liberado por tonelada de pilhas e baterias consumidas ***3**

Notas: *1 Substituindo as toneladas descartadas por ano. Se existirem boas estimativas da quantidade de pilhas e baterias destinadas, é preferível usá-las. Em épocas de consumo variável, os dois números diferem entre si.

*2 Kg de mercúrio liberado por tonelada de pilhas e baterias produzidas = quantidade de entrada de mercúrio(kg mercúrio) usada para produzir cada tonelada de pilhas e baterias multiplicada pela porcentagem da entrada de mercúrio que é liberada durante esta fase do ciclo de vida;ONDE ESTÁ o *2 NO TEXTO?

*3 Esse fator de entrada também pode ser definido como kg de mercúrio em cada tonelada de pilhas e baterias multiplicado pela porcentagem deste mercúrio que é liberado na fase de disposição do ciclo de vida. Presume-se que ao final todo o mercúrio nas pilhas e baterias é liberado para alguma via, então a "porcentagem de mercúrio liberado" pode ser considerada como sendo 100%.

143. Em alguns casos, podem não haver dados sobre a base da taxa de atividade proposta (ou podem ser difíceis de se obter) em determinado país. Nesses casos, pode ser possível derivar as taxas de atividade das unidades propostas utilizando dados de entrada alternativos e dados de conversão (ou fatores de conversão). No exemplo com o carvão, o consumo de carvão em toneladas por ano pode não estar disponível, mas dados da produção primária de energia (como MW de energia primária por ano) das centrais elétricas podem estar disponíveis. Nesse caso, os dados da taxa de atividade podem ser derivados, usando-se os dados disponíveis sobre teor de energia no(s) tipo(s) de carvão utilizado (como MW por tonelada). É essencial assegurar que essas conversões sejam realizadas em bases corretas, de preferência o teor energético primário (total de teor de energia química no carvão seco). Para uma descrição mais detalhada, consulte US EPA (2002a) e especialistas em produção de energia.

144. No exemplo com termômetros, se a quantidade vendida não estiver disponível, pode ser que os dados sobre o valor ou peso dos termômetros consumidos estejam disponíveis, podendo ser usados como a taxa de atividade. Novamente serão necessários dados de entrada e fatores/dados de conversão alternativos.

145. Para muitas subcategorias de fontes, exemplos desses dados alternativos e dados/fatores de conversão estão disponíveis na literatura. Não sendo assim, podem ser obtidos por contato direto com o setor em questão, como uma associação de indústria (ou possivelmente outras

organizações experientes), como parte das próprias investigações. Infelizmente, não foi possível fornecer informações abrangentes para esses dados de conversão neste Toolkit.

Definição de consumo

146. É importante ressaltar que o "consumo" de um produto ou material por ano em um país ou região está definido pela equação (2), onde a produção anual, importações e exportações se referem ao mesmo país ou região:

EQUAÇÃO 2:

Consumo por ano = Produção + Importações - Exportações (por ano)

A destinação poderá refletir o consumo de anos anteriores

147. O cálculo das saídas de mercúrio da destinação deve ser feito, idealmente, com base na quantidade total destinada no ano em questão, mas muitas vezes esses dados não estão facilmente disponíveis, portanto, usam-se os dados de consumo ao invés das melhores estimativas. Na falta, pode ser usado o consumo atual. Nos casos em que o padrão de consumo esteja variando rapidamente, os números de consumo do ano anterior (uma média do tempo de vida anterior do produto) podem ser usados, se disponíveis. Para muitos produtos, a destinação é realizada alguns(ou muitos) anos após serem adquiridos (consumidos).

Usar bases de mercúrio elementar no caso dos compostos

148. Para as subcategorias onde os compostos de mercúrio são usados, os cálculos devem se basear em taxas de atividade e fatores de entrada convertidos para o teor de mercúrio elementar. Para essa conversão, devem ser utilizados os dados sobre o peso atômico do(s) composto(s) em questão versus o peso atômico do mercúrio elementar, como mostra a equação a seguir:

EQUAÇÃO 3:

Teor de Hg	=	Peso do composto de Hg	*	# de átomos de Hg na molécula do composto * peso atômico do Hg / (Peso atômico da molécula do composto)

Notas: "#" significa número.

149. Como exemplo, o teor de mercúrio elementar em 1 kg do composto difenilmercúrio (fórmula molecular $C_{12}H_{10}Hg$) pode ser calculado da seguinte forma:

Teor de Hg	=	1 kg C12H10Hg	*	1*201 gHg/mol / (12 * 12,0 + 10 * 1,01 + 1 * 201)g composto/mol	=	~0,566 kg Hg

150. O peso atômico pode ser encontrado em boas versões do Sistema Periódico e as fórmulas moleculares devem ser buscadas em manuais de química ou sites de Internet relevantes como http://www.chemfinder.comehttp://www.inchem.org, registros públicos de produtos como http://www.spin2000.net, ou sites dos fornecedores de produtos químicos como http://www.sigmaaldrich.com .

4.4.3 SELEÇÃO DOS FATORES DE ENTRADA DE MERCÚRIO

151. Como já mencionado, o fator de entrada de mercúrio é definido simplesmente como o teor de mercúrio (por exemplo, em gramas de mercúrio) por unidade de material de insumo processado ou produto produzido (por exemplo, toneladas ou unidades) que seja relevante para cada tipo de fonte. Não obstante, como dito nas Seções 4.4.1 e 4.4.2 anteriormente, os

fatores de entrada para as subcategorias com mais de uma fase do ciclo de vida são um pouco mais complicados. Todavia, as seções dedicadas à descrição de fontes no Capítulo 5 incluem exemplos de entradas de mercúrio para cada tipo de fonte de liberação — à medida que haja dados disponíveis. Os exemplos são derivados de literatura facilmente disponível e refletem as condições vigentes no local e momento em que foram observadas. Em geral, no Capítulo 5 são fornecidos não apenas os dados, mas sua origem e momento em que foram levantados.

152. É importante observar que para certas subcategorias de fonte, os fatores de entrada de mercúrio mudam ao longo do tempo. Exemplos significativos disso são produtos de consumo que nos últimos anos têm estado sujeitos a pressão normativa para a redução — ou eliminação — do teor de mercúrio, como pilhas e baterias e fontes luminosas.

153. Da mesma forma, os fatores de entrada de mercúrio variam em função da geografia. As mudanças do teor de mercúrio nos produtos não aconteceram na mesma velocidade em todas as regiões do mundo. Também, para as matérias-primas naturais — inclusive combustíveis —, as concentrações de mercúrio variam substancialmente com a localização geográfica devido a diferenças na geologia e, para algumas fontes, devido também a cargas antropogênicas de deposições anteriores de mercúrio.

154. Portanto, a escolha dos fatores de entrada de mercúrio pode ter efeitos significativos sobre os cálculos de estimativas de liberação. Algumas recomendações em relação à escolha de fatores de entrada de mercúrio incluem:

- Os fatores de entrada-padrão no Capítulo 5 podem ser usados para uma estimativa rápida, aproximada e inicial das liberações de mercúrio para uma subcategoria, salvo se os fatores-padrão claramente não refletirem as condições vigentes. **É importante ressaltar que, como descrito na Seção 4.1.1, os fatores-padrão definidos nesta versão do Toolkit são preliminares e estão sujeitos a revisões futuras.**
- Nos casos em que se julgar que um exemplo de fator de entrada de mercúrio reflita as condições vigentes melhor que o(s) fator(es) de entrada-padrão, aquele poderá ser usado para o cálculo da liberação. O mesmo se aplica para as subcategorias para as quais não existem fatores-padrão de distribuição neste Toolkit.
- Onde existam dados próprios sobre entrada de mercúrio que sejam válidos e estejam bem documentados, ou quando estes possam ser obtidos com os recursos disponíveis, seu uso nos cálculos do inventário é altamente recomendado, evitando os fatores-padrão ou de exemplo.
- Em todos os casos, deve ser escolhido um fator de entrada que melhor represente a subcategoria sendo investigada. Ademais, os fatores de entrada utilizados e seus antecedentes devem estar anotados de forma explícita no relatório do inventário. Isso irá facilitar a atualização posterior do inventário, permitir a avaliação externa do inventário e aumentar a comparabilidade entre inventários.

155. Independente dos fatores de entrada (e outros dados) que sejam escolhidos, poderá ser conveniente revisar e/ou confirmar sua aplicabilidade nas condições locais/nacionais antes que se tomem decisões importantes sobre a implementação de iniciativas de mitigação.

156. A fim de auxiliar os usuários do presente Toolkit a estimarem as liberações provenientes de cada subcategoria, são apresentadas orientações sobre os dados de cada uma das fontes principais em subtítulos específicos para cada subcategoria descrita no Capítulo 5.

4.4.4 SELEÇÃO DOS FATORES DE DISTRIBUIÇÃO DE SAÍDAS

157. Como já mencionado, os fatores de distribuição de saídas são as parcelas relativas das entradas que seguem para as vias de saídas correspondentes a cada caso. Exemplos de fatores

de distribuição de saídas para cada tipo de fonte de liberação de mercúrio estão — à medida que existam dados — descritos no capítulo 5. Como a maioria dos fatores de entrada, esses exemplos são derivados de literatura de fácil acesso e refletem as condições vigentes no local e momento em que foram observadas. Geralmente, no capítulo 5, o momento e a origem dos dados estão descritos junto aos dados.

158. Como assinalado na Seção 4.1.1 anteriormente, as vias de saídas incluem:

- liberações diretas na atmosfera (ar);
- liberações diretas nos ambientes aquáticos (água);
- liberações diretas no solo (ambiente terrestre, incluindo águas subterrâneas);
- fluxos de mercúrio como impurezas em produtos comercializados (por exemplo, placas de gesso produzidas a partir de resíduos sólidos da depuração de gases de combustão nas usinas termoelétricas a carvão);
- fluxos de mercúrio ao sistema público de tratamento de águas residuais;
- fluxos de mercúrio ao sistema de tratamento de resíduos em geral;
- fluxos de mercúrio a sistemas de destinação ou tratamento de resíduos específicos do setor.

  Os princípios aplicados nessa "via de saída" variam de um setor a outro; podem, por exemplo, acarretar coleta seletiva e reciclagem, deposição segura dos resíduos com alta concentração de mercúrio, ou uso de resíduos de baixa concentração na construção de estradas ou outras atividades semelhantes. A fim de distinguir essas formas de destinação das "liberações diretas no solo" não controladas, as primeiras devem ser caracterizadas por um elemento de ponderação por meio da avaliação de riscos ou aceitação informada por parte das autoridades. Quando houver conhecimento do tratamento, ou destinação, de fato realizadas, esse sempre deve ser anotado nos relatórios do inventário.

159. É importante ressaltar que a deposição ou incineração de resíduos em locais de fabricação, ou outros, que seja informal, ilegal ou não controlada, sem retenção de mercúrio, é considerada liberação direta no solo, atmosfera e água, conforme o caso.

160. Observe também que nas seções de descrição de fontes não é feita uma distinção entre liberação direta na água e liberações no sistema de águas residuais. Isso ocorre porque a distribuição entre essas duas vias varia tanto de país para país e depende das condições locais que fica difícil afirmar algo geral sobre isso numa perspectiva global. Ao realizar o inventário, deve ser observado para cada fonte quantificada se as liberações na água são descarregadas diretamente ou se são descarregadas para o sistema de águas residuais. Para alguns países, isso pode não ser relevante, ou pode ser complicado fazer a distinção entre as liberações diretas na água e as liberações no sistema de tratamento de águas residuais. Nesses casos, podem ser consideradas uma única via de saída.

161. Este Toolkit não considera que os materiais e produtos comercializados com mercúrio adicionado sejam uma via de liberação. As quantias comercializadas de mercúrio nesses produtos e materiais são abordadas de maneira completa nas seções de descrição das fontes (capítulo 5) e também devem ser quantificadas no inventário a fim de estimar as liberações de mercúrio no meio ambiente. Exemplos desses produtos e materiais são os termômetros de mercúrio, pilhas e baterias e mercúrio metálico.

Fatores chave gerais para a distribuição das saídas de mercúrio

162. Para as **fontes-pontuais** como combustão de carvão, incineração de resíduos e produção de metais não ferrosos, os aspectos chave na distribuição das saídas são geralmente os sistemas de redução de emissões em uso na fonte pontual. A eficácia da retenção de mercúrio e outros fatores variam amplamente e dependem de como os dispositivos de redução de emissões são usados e de como estão funcionando.

163. Para instalações de manufatura, como a produção de cloro-álcali com células de mercúrio, de termômetro de mercúrio e de pilhas e baterias, a dimensão das emissões de mercúrio dependem muito de como a instalação incorpora medidas de prevenção, medidas de despoluição avançadas, operações corretas e diversas outras práticas de trabalho para minimizar vazamentos, derramamentos e outras liberações não específicas de mercúrio ou emissões fugitivas. Para este Toolkit, esse conceito é chamado de "procedimentos laborais" para o mercúrio.

164. Os bons procedimentos laborais podem incluir, entre outros: a produção ocorre em unidades fechadas (não em unidades abertas); o equipamento recebe manutenção para evitar perdas de mercúrio; os processos são monitorados de perto e frequentemente, buscando por vazamentos de mercúrio, a fim de que estes sejam detectados rapidamente; os vazamentos detectados são corrigidos imediatamente utilizando-se técnicas adequadas; os derramamentos de mercúrio são coletados com prudência; há reciclagem cuidadosa dos resíduos e perdas de mercúrio; e existem procedimentos para o manuseio e armazenamento seguro dos insumos e resíduos de mercúrio que sejam bem descritos e empregados na prática.

165. Esses tipos de fontes também podem empregar sistemas de redução de liberações que sejam semelhantes a sistemas usados em "fontes pontuais", como filtros para o sistema de ventilação por aspiração nas salas de produção (ao invés de serem ventiladas diretamente no ar sem serem filtrados); e o teor de mercúrio na água de processo é precipitado e retido nos filtros com cuidado (no lugar de serem liberados diretamente no sistema de esgoto). Esses tipos de fontes também podem ter respiradouros de processo que possam ser controlados com controles mais clássicos de fim de linha, como lavadores, filtros de carvão e retortas.

166. Para **os produtos de consumo com uso intencional de mercúrio**, a fase de destinação é muitas vezes importante para a distribuição de saídas nos meios receptores. Hábitos de destinação e sistemas de manejo de resíduos variam muito de país a país e às vezes até entre uma localidade e outra. Parâmetros importantes incluem: a existência de sistemas de coleta de resíduos, se funcionam bem e sejam controlados por autoridades ambientais; e à medida que os resíduos que contêm mercúrio sejam coletados e tratados de forma separada, e que técnicas de tratamento de resíduos sejam utilizadas para os diferentes fluxos de resíduos.

167. Portanto, os fatores de distribuição de saídas podem variar amplamente de país a país ou até mesmo entre uma localidade e fonte ou outra. Em consequência, a seleção dos fatores de distribuição de saídas mais adequados é crucial para a quantificação precisa das liberações de mercúrio

168. Para escolher os fatores de distribuição de saídas, também se aplicam as recomendações incluídas na seção 4.4.3 para os fatores de entrada de mercúrio.

4.4.5 LEVANTAMENTO DE DADOS

169. As seções a seguir apresentam uma orientação básica para o levantamento dos diferentes tipos de dados necessários para o inventário. Deve-se ressaltar, no entanto, que esse levantamento de dados não se restringe aessa etapa do procedimento, mas poderá ser necessário ao longo de todo o processo de elaboração do inventário de mercúrio.

Descrições existentes das fontes de liberação de mercúrio

170. A primeira atividade do levantamento de dados é identificar e reunir todos os inventários parciais ou descrições de fontes de mercúrio que existam no país. Estes podem ser, por exemplo, inventários existentes de dioxinas e furanos, inventário de áreas locais, inventários de determinados setores industriais ou estatísticas selecionadas sobre liberações de mercúrio.

Dados de taxa de atividade

171. As principais fontes de dados são as estatísticas de comércio e produção nacional, estatísticas econômicas, estatísticas de energia, estatísticas trabalhistas e estatísticas internacionais. A precisão desses dados será variável.

172. Muitas vezes as estatísticas aduaneiras podem proporcionar estimativas bastante boas. Os departamentos aduaneiros são importante fonte de informação porque todos os produtos químicos e artigos que contêm mercúrio, utilizados como matérias-primas em diferentes atividades, são geralmente registrados durante a importação, fazendo uso de tarifa ou nomenclatura aduaneira. Se uma lista completa de itens que contêm mercúrio advindo de atividades no país for fornecida à alfândega ou aos escritórios que manejam essas estatísticas, as quantias relevantes de produtos e matéria-prima podem ser derivadas do sistema de registro.

173. Muitos países adotaram o Sistema Harmonizado de Designação e Codificação de Mercadorias (SH) utilizado como o sistema de nomenclatura tarifária em seus sistemas aduaneiros. O SH é um sistema padronizado internacionalmente de nomes e números para a classificação de produtos comercializados nos países, elaborado e mantido pela Organização Mundial das Alfândegas (OMA) (anteriormente o Conselho de Cooperação Aduaneira), uma organização intergovernamental independente com mais de 170 países membros com sede em Bruxelas, Bélgica. A nomenclatura SH é composta de seis dígitos. Os países podem acrescentar números de códigos, aumentando até oito ou dez dígitos para seus próprios fins aduaneiros e de exportação. No entanto, os países que adotaram o SH não podem alterar de nenhuma forma as descrições associadas aos primeiros seis dígitos.

174. O anexo técnico na seção 8.1 fornece uma lista com os códigos HS para as substâncias e matérias-primas que possam conter mercúrio. Poderá ser útil na análise da informação aduaneira determinar se o SH é adotado no país e, se assim o for, usar essa lista como base para as pesquisas no sistema aduaneiro. Os países podem incluir outras matérias-primas, de acordo com suas atividades específicas identificadas como fontes potenciais de liberações de mercúrio. Deve-se ter cuidado com os dados de mercadorias de baixo impacto comercial, pois essas geralmente são mais suscetíveis a erros involuntários na apresentação de informes (e mesmo assim podem ter grande impacto no inventário de mercúrio).

175. Em relação às substâncias químicas com teor de mercúrio, o anexo técnico na seção 8.2 fornece uma lista de números CAS para essas substâncias. A lista pode ser útil durante a comunicação com empresas e outras partes interessadas em relação ao uso de compostos de mercúrio.

176. Outras fontes de dados de taxa de atividade incluem associações industrias e comerciais e institutos setoriais. Dados dessas organizações podem ser muito úteis, mas devem ser cruzados com dados independentes, se possível. As relações confidenciais entre as autoridades ambientais, outras instituições que realizam inventários e o setor privado representam uma grande vantagem nesse tipo de trabalho, pois frequentemente fornecem muitas informações importantes que talvez não sejam possíveis obter de outras fontes.

177. Informações sobre os sistemas públicos de manejo de resíduos talvez estejam disponíveis junto às autoridades encarregadas da gestão de resíduos ou, se não, nas empresas públicas ou privadas que realizam a coleta e tratamento de resíduos.

Fatores de entrada de mercúrio

178. Além dos dados apresentados no Toolkit, em inventários parciais e outra literatura, novamente neste caso será útil manter contatos com as associações industriais e comerciais, bem como determinadas empresas líderes e instituições de pesquisa. Para as matérias-primas e combustíveis

com impurezas de mercúrio, poderá ser útil solicitar análises do teor de mercúrio nos materiais consumidos, se possível. Às vezes esses dados podem já existir com as partes interessadas ou seus fornecedores.

179. Na gestão pública de resíduos em geral e perigosos, informações sobre conteúdo específico de mercúrio em frações de resíduos são raras. As melhores formas de calcular as entradas de mercúrio nos resíduos são os inventários sobre fontes de resíduos (produtos, etc.), como descrito no presente Toolkit e — se disponível — dados sobre o teor de mercúrio em todas as saídas da incineração de resíduos. As empresas que coletam resíduos perigosos às vezes têm informações indicativas advindas da prática, ou até mesmo estatísticas, sobre que tipos e quantidades de resíduos de mercúrio coletaram. Essas informações podem ser úteis para identificar que tipos de resíduo de mercúrio estão dominando o fluxo no momento, etc.

Dados de distribuição de saídas

180. Como já mencionado, a distribuição de saídas de mercúrio das instalações de produção/manufatura pode ser muito vulnerável às condições e configurações de cada processo. Portanto, dados específicos da instalação são muitas vezes necessários para estabelecer um quadro mais preciso da situação da liberação/saída. O mesmo se aplica aos depósitos específicos de resíduos.

181. Parte desses dados pode ser obtida de inventários parciais, se existirem registros locais de operação e autorização das indústrias sob administração das autoridades locais. Muitas vezes também pode ser necessário solicitar dados das próprias empresas do setor.

182. Os dados sobre o teor de mercúrio nas saídas/liberações da incineração de resíduos muitas vezes podem ser solicitados de cada usina de incineração. Esses dados às vezes podem ajudar a calcular o teor de mercúrio em resíduos da mesma natureza daqueles que tenham sido depositados.

183. A obtenção dos dados de mercúrio representa um desafio em termos analíticos. Dados obtidos localmente só devem ser usados se forem de qualidade adequada, representativos e confiáveis. Este processo inclui um seguimento cuidadoso à forma como os dados foram gerados. O uso de métodos normalizados para amostragem e análise, comprovada experiência em laboratório e boa documentação são pré-requisitos para dados válidos Se essas exigências não forem atendidas, então provavelmente é melhor usar os fatores-padrão de liberação fornecidos neste Toolkit no lugar dos dados próprios medidos de qualidade questionável. Ao usar fatores de emissão que não os fornecidos pelo presente Toolkit para estimar as liberações anuais, esse fato deve ser ressaltado. Observe que a extrapolação de um ou dois dados de teste da fonte que podem não ser representativos das operações anuais da instalação poderia levar a dados de baixa qualidade. Nesse caso seria necessário usar os melhores dados disponíveis para estimar as liberações durante o monitoramento, o balanço de massa, os fatores de emissão e/ou cálculos de engenharia.

Dados incompletos

184. Todos os inventários de emissões têm lacunas de dados. Informações incompletas resultarão na necessidade de se fazer suposições sobre essas fontes para as quais informações específicas não puderam ser levantadas. As abordagens irão variar, mas as suposições devem ser transparentes a fim de, entre outros, facilitar o cálculo dos dados nos próximos anos e a reavaliação à luz de informações mais precisas. São apresentadas duas abordagens:

- Uma abordagem “intermédia” presume que os dados que faltam estejam distribuídos de forma semelhante aos disponíveis (por exemplo, emissores altos ou baixos, ou estado de conformidade com as exigências tecnológicas). Por exemplo, com essa abordagem um fator médio (ou mediano) poderá ser usado para calcular as emissões das usinas com falta de dados.

- Uma abordagem “conservadora” tem por base a decisão de que é melhor superestimar do que subestimar as emissões de fontes com falta de dados. Portanto, sob uma abordagem conservadora, as fontes sem dados são consideradas semelhantes aos maiores emissores. Por exemplo, o fator de emissão mais alto (ou um fator alto) do banco de dados, ou o maior fator de emissão das usinas para as quais se têm dados, poderá ser usado para gerar uma estimativa conservadora.

185. As hipóteses devem ser baseadas no melhor julgamento fazendo uso dos dados disponíveis, apresentados de forma clara e revisados externamente. Em alguns casos, dados adicionais podem estar disponíveis em associações setoriais, fornecedores de equipamentos, reguladores ou peritos no assunto.

Informar incerteza dos dados

186. Na maioria dos casos, dados precisos são difíceis de se obter ou inexistentes, ou pode ser mais apropriado informar dados na forma de intervalos por outros motivos, por exemplo devido a mudanças num período relevante. Geralmente, recomenda-se usar intervalos de dados relevantes e os informar. Como alternativa, o “cálculo intermediário”, ou estimativa conservadora (veja acima), pode ser informado em conjunto com a incerteza quantificada ou estimada dos dados, por exemplo como “15 kg Hg/ano ± 5kg”.

Informar origem dos dados

187. Em todos os casos é importante informar o ano e a origem dos dados.

188. Registros internos de todos os dados, inclusive ano, local e nome dos fornecedores de dados, deverão ser mantidos para sua possível verificação interna no futuro.

Dados confidenciais

189. A elaboração de inventário detalhado muitas vezes requer informações que empresas e instituições não queiram que sejam tornadas públicas. Se for necessário, esses dados podem ser agregados e processados de maneira a não revelar segredos industriais; as fontes de dados devem ser mantidas anônimas e apresentadas nos informes como “fontes da indústria”, “fornecedores”, “produtores”, etc., conforme o caso. Os conjuntos de dados submetidos que possam ser divulgados ao público, inclusive dados enviados ao UNEP Chemicals, devem ser apresentados de tal maneira que os dados confidenciais não sejam disseminados.

190. Registros internos dos dados confidenciais detalhados, inclusive ano, local e nome dos fornecedores dos dados, devem ser mantidos (de acordo com os procedimentos corretos de armazenamento de dados comerciais confidenciais) para possível verificação interna no futuro.

4.4.6 BALANÇO DAS ENTRADAS E SAÍDAS DO MERCÚRIO PARA CONTROLAR AS QUANTIFICAÇÕES

191. Em algumas subcategorias de fontes de mercúrio, poderá ser possível cotejar o inventário de mercúrio quando as entradas para a sociedade e as saídas/liberações tenham sido medidas/quantificadas.

192. Isso poderá, por exemplo, ocorrer no caso de países onde a incineração controlada de resíduos seja significativa ou até mesmo uma norma. Nesse caso, as medidas das concentrações de mercúrio no ar de escape, escória/cinzas residuais e resíduos da depuração de gases de combustão podem ser a base dos cálculos do teor total de mercúrio nos resíduos de entrada.

Essas estimativas podem então ser comparadas à soma das quantias estimadas de mercúrio que levam aos resíduos dos diferentes produtos que contêm este metal. Nessa equação, deve-se considerar também que um alto volume de resíduos com concentrações muito pequenas de mercúrio contribui para a entrada total do metal. Entretanto, no caso dos resíduos de consumo, os produtos com uso intencional de mercúrio irão muitas vezes dominar esse balanço.

193. Esse tipo de balanço já foi realizado num número limitado de países, em geral na forma de uma presumida análise/avaliação do fluxo da substância ("SFA" em inglês), onde se busca um completo mapeamento dos fluxos de mercúriona sociedade (e no meio ambiente). Para referências sobre essas avaliações, consulte o capítulo 6 da Avaliação Mundial do Mercúrio (UNEP, 2002).

4.4.7 EXEMPLOS DE CÁLCULOS DE LIBERAÇÕES DE DIVERSOS TIPOS DE FONTES

194. Na seção a seguir, três exemplos hipotéticos são apresentados que ilustram como podem ser estimadas as liberações de mercúrio numa central termoelétrica a carvão num país ABC, numa unidade de incineração de resíduos num país XX e no uso e destinação de pilhas e baterias contendo mercúrio no país XYZ, utilizando as informações fornecidas neste Toolkit e alguns fatores selecionados de entrada e de distribuição de saídas.

4.4.7.1 Exemplo 1 – Usina termoelétrica a carvão num país hipotético ABC

A. Caracterização da usina, dados disponíveis e outras considerações

- Localizada no país ABC, em algum lugar da América do Sul.
- Tipo geral da unidade de combustão: unidade termoelétrica a carvão pulverizado.
- Tipo de combustível usado: carvão betuminoso do Brasil (nenhum outro tipo é usado).
- Dispositivos de controle: PES seco para controle de MP.
- O carvão é pré-lavado utilizando técnicas semelhantes às usadas nos EUA e a descarga de águas residuais advindas da lavagem é enviada para uma estação de tratamento de esgoto no local.
- A usina consome 1 milhão de toneladas de carvão por ano.
- Não há dados específicos sobre a concentração de mercúrio no carvão usado na usina, a eficácia do dispositivo de controle nem a eficiência da lavagem do carvão.
- Os resíduos do gás de combustão são depositados em aterros sanitários normais e não são convertidos em produtos comercializáveis.
- Duas fases do ciclo de vida serão incluídas na avaliação: 1) pré-lavagem do carvão; e 2) combustão do carvão. (Nota: conforme já mencionado na Seção 5.1.1, as instalações de queima de carvão podem ser avaliadas utilizando apenas uma única fase, especialmente se a pré-lavagem do carvão não for incluída. Consulte a Seção 5.1.1 para mais informações.

B. Determinação da taxa de atividade, fatores de entrada e fatores de distribuição de saídas para as diferentes fases do ciclo de vida

I. Fase 1 – Pré-lavagem do carvão

A) Determinação da taxa de atividade, fatores de entrada e fatores de distribuição de saídas para a Fase 1 – Pré-lavagem do carvão

Taxa de atividade = 1.000.000 toneladas de carvão por ano;

Fator de entrada: Dados específicos do local não podem ser levantados por limitações de recursos. Portanto, ficou decidido que os dados na Tabela 5-4 podem ser usados para estimar a concentração de mercúrio no carvão. A Tabela 5-4 sugere uma concentração média de 0,19 mg de mercúrio por kg de carvão para o carvão betuminoso do Brasil. Acredita-se que este valor seja a melhor escolha para o fator de entrada, portanto, o fator de entrada =0,19 mg Hg/kg carvão.

A entrada total de mercúrio antes da pré-lavagem do carvão poderá ser calculada da seguinte forma:

(1)	Entrada total de mercúrio antes da pré-lavagem do carvão	=	Taxa de atividade 1.000.000 toneladas de carvão	*	Fator de entrada 0,19 mg Hg/ kg carvão	*	Fator de conversão 1.000 kg carvão/ tonelada de carvão	*	Fator de conversão 1 kg Hg/1.000.000 mg Hg	=	190 kg Hg

Fatores de distribuição: Após rever as informações na Seção 5.1.1 e outros relatórios, estima-se que a redução do mercúrio advinda da lavagem do carvão seja semelhante àquela usada nos EUA, portanto, presumimos remoção de 21% durante a pré-lavagem (estimativa de US EPA, 1997a). Ademais, presume-se que todo o mercúrio removido durante esse processo seja encaminhado nas águas residuais para uma estação especial de tratamento *in loco*, que deverá reter 100% do mercúrio na água e o converter em resíduos sólidos.

Portanto, os fatores de distribuição da pré-lavagem do carvão para as diversas vias são os seguintes:

Água =	0,0
Ar =	0,0
Solo =	0,0
Produtos =	0,0
Resíduos em geral (resíduos do tratamento de águas residuais) =	0,21 (isto é, 21% de Hg é removido pela pré-lavagem)

B) Estimativa das liberações de mercúrio para cada via na Fase 1 –Pré-lavagem do carvão:

Fazendo uso da entrada total calculada de Hg antes da pré-lavagem e do fator de distribuição para a pré-lavagem, as liberações podem ser calculadas como segue:

(2)	Liberações para aterros sanitários do processo de pré-lavagem	=	Entrada total de Hg 190 kg Hg	*	Fator de distribuição para resíduos do tratamento de água 0,21	=	39,9 kg Hg	=	Arredondado para **40 kg Hg**

Portanto, estima-se que 40 kg de mercúrio serão liberados durante a lavagem do carvão, sendo que 100% desse peso irão para os aterros de resíduos em geral (resíduos do tratamento de águas residuais).

II. Fase 2 – Combustão do carvão

A) Determinação da taxa de atividade, fatores de entrada e fatores de distribuição de saídas para a Fase 2 –Combustão do carvão

Taxa de atividade = 1.000.000 de toneladas de carvão;

Fator de entrada: 21% do mercúrio foi removido durante a pré-lavagem do carvão, portanto 79%(isto é, 100% – 21%) do mercúrio permanece no carvão. Então, a concentração do mercúrio

no carvão que sofrerá combustão (ou o novo fator de entrada após a pré-lavagem do carvão) poderá ser estimada como segue:

(3)	Novo fator de entrada após pré-lavagem do carvão	=	Fator de entrada antes da pré-lavagem do carvão 0,19 mg Hg/kg carvão	*	% Hg permanecendo no carvão após pré-lavagem 0,79	=	0,15 mg Hg/ kg carvão

A entrada total de mercúrio na combustão do carvão após a pré-lavagem pode ser calculada como segue:

(4)	Entrada total de mercúrio para a combustão do carvão	=	Taxa de atividade 1.000.000 toneladas de carvão	*	Fator de entrada 0,15 mg Hg/kg carvão	*	Fator de conversão 1.000 kg carvão/ tonelada de carvão	*	Fator de conversão 1 kg Hg/1.000.000 mg Hg	=	150 kg hg

Fatores de distribuição: Na Tabela 5-5, US EPA informa uma eficiência média de remoção de 36% para PES de via seca, com base em dados de sete usinas nos EUA. Um valor-padrão preliminar sugerido de 0,1 (ou 10%) de remoção é apresentado para caldeiras com um "PES geral". Após considerar as opções, decidiu-se que a melhor estimativa poderia ser calculada usando dados dos EUA para essa instalação hipotética.

Com base na descrição e nos dados apresentados na Seção 5.1.1, presume-se que 36% da entrada de mercúrio para a unidade de combustão seja liberada com os resíduos da depuração de gases de combustão depositados nos aterros sanitários de resíduos em geral e os restantes 64% sejam liberados na atmosfera. Portanto, os fatores de distribuição para a combustão de carvão para as diversas vias são os seguintes:

Ar =	0,64 (isto é, 64% do mercúrio é liberado no ar)
Resíduos em geral	0
(resíduos dos gases de combustão) =	0,36 (isto é, 36% do mercúrio vão para os resíduos)
Água =	0,0
Solo =	0,0
Resíduos específicos do setor =	0,0
Tratamento de resíduos específico do setor =	0

B) Estimativa das liberações de mercúrio para cada via na Fase 2 –Combustão do carvão:

Fazendo uso da entrada total de Hg após a pré-lavagem do carvão e dos fatores de distribuição acima, as liberações podem ser calculadas como segue:

(5)	Liberações no ar da combustão do carvão	=	Entrada total de Hg 150kg Hg	*	Fator de distribuição para o ar 0,64	=	96 kg Hg

(6)	Liberações para os aterros sanitários da combustão do carvão	=	Entrada total de Hg 150 kg Hg	*	Fator de distribuição para os resíduos dos gases de combustão 0,36	=	54 kg Hg

Portanto, estima-se que 96 kg de mercúrio sejam liberados no ar e 54 kg nos aterros sanitários de resíduos em geral (na forma de resíduos dos gases de combustão) a partir da combustão do carvão após a pré-lavagem nessa usina.

C) Resumo dos resultados –Liberações totais estimadas para todas as vias e todas as fases

Com base no descrito acima, as liberações totais estimadas para todas as vias e todas as fases são as seguintes:

Ar =	96 kg Hg
Água =	0
Aterros de resíduos em geral	
(resíduos de gases de combustão) =	54 kg Hg
Aterros de resíduos em geral	
(tratamento de águas residuais) =	40 kg Hg
Tratamento de resíduos específico do setor =	0
Produtos =	0
Liberações totais para todos os meios/vias =	190 kg Hg

D) Abordagens alternativas

Duas abordagens alternativas, embora semelhantes, que podem ser usadas e que resultam nas mesmas estimativas estão descritas a seguir.

a) Alternativa #1:

Essa abordagem alternativa segue o mesmo processo acima, salvo que na fase 2, ao invés de recalcular a concentração de mercúrio no carvão após a pré-lavagem, o valor total de mercúrio remanescente no carvão que entra na unidade de combustão pode ser calculadoda seguinte maneira:

(7)	Entrada total de Hg que entra na combustão após pré-lavagem	=	Entrada total de Hg antes da pré-lavagem de carvão	*	Hg removido pela pré-lavagem do carvão	=	150 kg Hg
			190 kg Hg		40 kg Hg		

Portanto, as liberações para cada via da combustão podem ser calculadas da mesma forma que nos cálculos (5) e (6) mencionados acima, usando os fatores de distribuição para a combustão do carvão após a pré-lavagem.

b) Alternativa #2:

Apenas uma fase é incluída nessa abordagem alternativa, reunindo a pré-lavagem e a combustão em uma única fase. Utilizando essa abordagem, o fator de entrada seria 0,19 mg Hg/kg de carvão, a taxa de atividade seria 1.000.000 de toneladas de carvão e os fatores de distribuição seriam ajustados para incluir a remoção durante a lavagem do carvão da seguinte maneira:

Fatores de distribuição para a alternativa #2 podem ser calculados como segue:

Aterros sanitários de resíduos em geral (resíduos da limpeza de águas residuais) = 0,21 (devido à remoção de 21% de Hg durante a pré-lavagem do carvão)

Como 21% do mercúrio já foi removido, então 79% (100% – 21%) permanecem no carvão que entra na caldeira;portanto, os outros fatores de distribuição são:

Ar =	0,64 * 0,79 = 0,51	(ou seja, 64% do mercúrio permanecem no carvão que entra na unidade de combustão após a pré-lavagem)
Resíduos (resíduos em geral) =	0,36 * 0,79 = 0,28	(ou seja, 36% do mercúrio permanecem no carvão que entra na unidade de combustão após a pré-lavagem)
Água =	0,0	
Solo =	0,0	
Produtos =	0,0	

Portanto, as liberações para cada via da combustão do carvão podem ser calculadas como acima, utilizando os fatores de distribuição acima, da seguinte forma:

(8)	Liberações para os aterros sanitários vindo da pré-lavagem do carvão	=	Entrada total de Hg 190 kg Hg	*	Fator de distribuição para os aterros sanitários 0,21	=	39.9 kg Hg	
(9)	Liberações no ar da combustão do carvão após pré-lavagem	=	Entrada total de Hg 150 kg Hg	*	Fator de distribuição para o ar 0,51	=	96,9 kg Hg	
(10)	Liberações para resíduos em geral dos resíduos dos gases de escape	=	Entrada total de Hg 150 kg Hg	*	Fator de distribuição para resíduos em geral 0,28	=	53,2 kg Hg	

E) Tabela de resumo de todas as liberações de mercúrio da usina termoelétrica a carvão no país ABC

A seguir uma tabela que resume as liberações estimadas de mercúrio para o exemplo em consideração, utilizando a tabela sugerida na Seção 4.4.1.

Tabela 4-16 Exemplo 1 – combustão de carvão –resumo das liberações estimadas de mercúrio para o país ABC

Combustão do carvão (usina termoelétrica)	Fase do Ciclo de Vida		Soma das liberações para vias em todas as fases do ciclo de vida
	Pré-lavagem do carvão	Combustão do carvão	
Taxa de atividade	1.000.000 tde carvão	1.000.000 toneladas	–
Fator de entrada para a fase	0,19 mg Hg/kg carvão	0,15 mg Hg/kg carvão	–
Entrada calculada para a fase	190 kg Hg	150 kg Hg	–
Fatores de distribuição de saída para:			NA
– Ar	0,0	0,64	NA
– Água	0,0	0,0	NA
– Solo	0,0	0,0	NA
– Produtos	0,0	0,0	NA
– Tratamento de resíduos em geral (incluindo aterros sanitários)	0,21	0,36	NA
– Tratamento de resíduos específico do setor	0,0	0,0	NA
Saídas/liberações calculadas para:			
– Ar	0,0	96 kg Hg	96 kg Hg
– Água	0,0	0,0	0,0
– Solo	0,0	0,0	0,0
– Produtos	0,0	0,0	0,0
– Tratamento de resíduos em geral	40 kg Hg	54 kg Hg	94 kg Hg
– Tratamento de resíduos específico do setor	0,0	0,0	0,0

Notas: NA – Não se aplica.

4.4.7.2 Exemplo 2–Usina de incineração de resíduos municipais no país hipotético XX

A) Caracterização da usina e dados específicos do local

- Localizada no país XX, que é um país em desenvolvimento na Ásia-Pacífico.
- 100.000 toneladas de resíduos em geral incineradas por ano.
- A fábrica conta com secagem por atomização (SA) e um PES para controle da emissão de poluentes.
- O tipo de queimador é uma unidade de "queima em massa".
- Não há dados específicos para o local sobre: 1) o conteúdo específico do tipo de resíduo incinerado; e 2) a eficácia do controle do SA e PES.
- Os resíduos dos gases de combustão são depositados em aterros sanitários normais.
- Determina-se que uma fase do ciclo de vida deve ser incluída (ou seja, a combustão dos resíduos).
- Dadas as incertezas e limitações dos dados, serão usados intervalos para os valores dos fatores de entrada e de distribuição de saídas.

B) Determinação da taxa de atividade, fatores de entrada e fatores de distribuição de saídas

Taxa de atividade = 100.000 toneladas de resíduos por ano.

Fator de entrada: Dados específicos do local não estão disponíveis. Portanto, as informações do capítulo 5 deste Toolkit serão revisadas, junto às informações gerais sobre os tipos de resíduos destinados no país XX, os tipos e valores de resíduos que possam conter mercúrio e como esses resíduos se comparam a outros países que possuem dados (como os EUA). Após avaliação cuidadosa de toda informação disponível, considera-se que os resíduos contêm cerca de 3–5 ppm mercúrio (4 ppm foi o valor típico nos EUA em 1989). Portanto, o fator de entrada para essa instalação de incineração de resíduos municipais está na faixa de 3-5 ppm (ou 3-5 mg Hg/kg) de mercúrio nos resíduos.

A entrada total de mercúrio para incineração de resíduos municipais poderá, portanto, ser calculada da seguinte forma:

Estimativa do limite inferior –

(11)	Entrada total de mercúrio para incinerador de resíduos municipais	=	Taxa de atividade 100.000 toneladas de resíduos	*	Fator de entrada 3 mg Hg/kg resíduos	*	Fator de conversão 1.000 kg resíduos/ tonelada de resíduos	*	Fator de conversão 1 kg Hg/1.000.000 mg Hg	=	300 kg Hg

Estimativa do limite superior –

(12)	Entrada total de mercúrio para incinerador de resíduos municipais	=	Taxa de atividade 1.100.000 toneladas de carvão	*	Fator de entrada 5 mg Hg/kg resíduos	*	Fator de conversão 1.000 kg resíduos/ tonelada de resíduos	*	Fator de conversão 1 kg Hg/1.000.000 mg Hg	=	500 kg Hg

Fatores de distribuição: Ao estabelecer fatores de distribuição, considera-se que:

Os dados sobre a eficiência do controle de SA e PES não foram identificados. Presume-se que a redução do mercúrio na secagem por atomização e no PES seja da ordem de 35–85% (ou seja, 35–85% do mercúrio é capturado pelo dispositivo de controle e o resto termina nos resíduos dos gases de combustão), com base em informações de instalações semelhantes em países vizinhos. Portanto, as estimativas dos limites inferior e superior para os fatores de distribuição das liberações para todas as vias são:

	Estimativa do limite inferior	Estimativa do limite superior
Ar =	0,15	0,65
Resíduos dos gases de combustão (resíduos em geral) **=**	0,85	0,35
Água =	0,0	0,0
Solo =	0,0	0,0
Resíduos específicos do setor:	0,0	0,0

C) Cálculo das liberações estimadas de mercúrio para cada via (ou meio)

Utilizando as faixas calculadas para a entrada total de Hg e os fatores de distribuição descritos acima, as liberações da usina de incineração dos resíduos municipais para todas as vias podem ser calculadas da seguinte forma:

Estimativa do limite inferior —

(13)	Liberações para o ar da incineração de resíduos	=	Entrada total de Hg 300 kg Hg	*	Fator de distribuição para o ar 0,15	=	45 kg Hg
(14)	Liberações para o ar da incineração de resíduos	=	Entrada total de Hg 300 kg Hg	*	Fator de distribuição para o ar 0,85	=	255 kg Hg
(15)	Liberações para o ar da incineração de resíduos	=	Entrada total de Hg 500 kg Hg	*	Fator de distribuição para o ar 0,65	=	325 kg Hg
(16)	Liberações para os aterros sanitários da incineração dos resíduos municipais	=	Entrada total de Hg 500 kg Hg	*	Fator de distribuição para o ar 0,35	=	175 kg Hg

D) Resumo dos resultados –Intervalos estimados das liberações para todas as vias

Com base no descrito acima, as liberações totais estimadas para todas as vias e todas as fases são as seguintes:

Ar =	45-325 kg Hg
Águas residuais =	0
Aterros de resíduos em geral (resíduos de gases de combustão) =	175-255 kg Hg
Tratamento de resíduos específico do setor =	0
Produtos =	0
Liberações totais para todos os meios/vias =	300-500 kg Hg
Tratamento de resíduos específico do setor =	0
Produtos =	0
Liberações totais para todos os meios/vias =	190 kg Hg

E) Tabela de resumo para o total de liberações de mercúrio de um incinerador de resíduos municipais no país XX

A seguir,uma tabela que resume as liberações estimadas de mercúrio para o exemplo em consideração, utilizando a Tabela sugerida na Seção 4.4.1.

Tabela 4-17 Exemplo 2 – combustão de resíduos – resumo das liberações estimadas de mercúrio no país XX

Combustão do carvão (usina termoelétrica)	Fase do Ciclo de Vida – Combustão de Resíduos	Soma das liberações para vias em todas as fases do ciclo de vida
Taxa de atividade	100.000 toneladas de resíduos 3-5	–
Fator de entrada para a fase	mg Hg/kg resíduos	–
Entrada calculada para a fase	300 a 500 kg Hg	–
Fatores de distribuição de saída para:		NA
– Ar	0,15-0,65	NA
– Água (/águas residuais)	0,0	NA
– Solo	0,0	NA
– Produtos	0,0	NA
– Tratamento de resíduos em geral	0,35-0,85	NA
– (incluindo aterros sanitários)		
– Tratamento de resíduos específico do setor	0,0	NA
Saídas/liberações calculadas para:	0,0	
– Ar	45-325 kg Hg	45-325 kg Hg
– Água (/águas residuais)	0,0	0,0
– Solo	0,0	0,0
– Produtos	0,0	0,0
– Tratamento de resíduos em geral	175-255 kg Hg	175-255 kg Hg
– Tratamento de resíduos específico do setor	0,0	0,0

Notas: NA — Não se aplica.

4.4.7.3 Exemplo 3 –Pilhas e baterias com mercúrio num país hipotético XYZ

A) Informações relevantes e dados específicos do país

- Um país com economia em transição localizado na Comunidade dos Estados Independentes (CEI).
- Uma fábrica de produção de pilhas e baterias localizada no país produz 10 toneladas de pilhas e baterias de óxido de mercúrio por ano, com as seguintes características:
- o ar da sala de produção é ventilado para um filtro de manga (FM) e um filtro de carvão;
- o filtro de carvão é substituído regularmente e os filtros "gastos" são tratados como resíduos perigosos e descartados em locais especiais de manejo de resíduos perigosos de acordo com a legislação federal;
- os resíduos do FM são destinados em aterros sanitários normais.
- Durante os últimos 4-5 anos, o proprietário da fábrica (Empresa ABC) exportou uma média de 7 toneladas por ano das pilhas e baterias de óxido de mercúrio produzidas para diversos países no mundo e as restantes 3 toneladas das pilhas e baterias foram comercializadas e utilizadas no próprio país XYZ.

Com base nos dados/informações apresentados neste Toolkit, presume-se que essas pilhas e baterias de óxido de mercúrio contêm cerca de 32% de mercúrio por peso líquido.

- Essa fábrica informa que comprou cerca de 2toneladas de mercúrio elementar e 1,7 toneladas de óxido de mercúrio por ano como insumo do processo de produção.
- Não há outros dados específicos para a captura de mercúrio pelo FM, ou por filtro de carvão, ou por outros fatores.

- Nenhuma outra pilha que contém mercúrio é produzida no país XYZ.
- Ao longo da última década, cerca de 15 toneladas de outros tipos de pilhas e baterias com mercúrio (pilhas e baterias alcalinas, de óxido de prata e de zinco-ar) foram importadas e utilizadas no país XYZ a cada ano.
- Com base nos dados/informações apresentados neste Toolkit, estima-se que essas pilhas e baterias alcalinas, de óxido de prata e zinco-ar contêm cerca de 1% de mercúrio por peso líquido.
- Informações limitadas disponíveis indicam que cerca de 5–10% das pilhas e baterias usadas são coletadas de forma seletiva e enviadas para instalações especiais específicas do setor.
- Cerca de 80% são destinadas aos sistemas de coleta de resíduos em geral.
- Os restantes 10–15% são destinados de maneira informal.

B) Determinação da taxa de atividade, fatores de entrada e fatores de distribuição de saídas para as diferentes fases do ciclo de vida

I. Fase 1 – Produção

a) Determinação da taxa de atividade, fatores de entrada e fatores de distribuição de saídas para a Fase 1 – Produção

Taxa de atividade = 10 toneladas de pilhas e baterias produzidas por ano

Fator de entrada: Com base nas informações acima, a quantidade total de pilhas e baterias produzidas a cada ano (isto é, 10 toneladas) contém cerca de 3,2 toneladas (ou seja, 32%) de mercúrio. Presume-se que metade deste mercúrio (1,6 tonelada) seja mercúrio elementar e a outra metade (1,6 tonelada) seja óxido de mercúrio. A empresa também relata que comprou 2toneladas de mercúrio elementar e óxido de mercúrio, equivalendo a uma quantidade de mercúrio elementar de 1,7 tonelada ao ano como insumo, ou um total de 3,7 toneladas de mercúrio. Portanto, calcula-se que cerca de 0,5 tonelada (ou seja, 3,7 – 3,2 = 0,5 tonelada de mercúrio), ou 13,5%, da entrada total de mercúrio seja "perdida" durante a produção; considera-se que 0,4 tonelada das perdas está na forma elementar e 0,1 tonelada na forma de óxido de mercúrio.

Com base nas informações acima, determina-se que o fator de entrada é 0,5 tonelada de mercúrio perdida por cada 10 toneladas produzidas de pilhas e baterias ou 0,05 tonelada de mercúrio por tonelada produzida de pilhas e baterias.

A entrada total de mercúrio na produção de pilhas e baterias poderá, portanto, ser calculada da seguinte forma:

(17)	Mercúrio total perdido por ano na produção de pilhas e baterias	=	Taxa de atividade 10 toneladas de baterias produzidas por ano	*	Fator de entrada 0,05 toneladas HG perdida/tonelada de pilhas e baterias produzidas	=	0,5 t Hg	

Fatores de distribuição: Estima-se que 0,1 tonelada (ou 20%) de todas as liberações de mercúrio durante a produção é perdida como óxido de mercúrio. Presume-se que toda essa liberação de óxido de mercúrio seja na forma de perdas no ar na sala de produção. Ademais, quase (90%) todo esse óxido de mercúrio deve ser capturado pelo FM. Portanto, estima-se que 18% (ou seja, 0,20 * 0,90 = 0,18) sejam liberados nos resíduos do FM (e terminam num aterro sanitário) e 2% (isto é, 0,20 * 0,10 = 0,02) são liberados na atmosfera por meio do extrator de gás. Obs.: parte do mercúrio pode ser liberada na água ou no solo, mas não há dados disponíveis sobre essa questão, então considera-se que toda a liberação vai para a atmosfera.

Estima-se que 0,4 tonelada (80%) das liberações de mercúrio é liberada no ar da sala de produção na forma de mercúrio elementar. Consideramos que a maior parte deste mercúrio (90%) é capturada

pelo filtro de carvão. Portanto, calculamos que 72% (0,80 * 0,90 = 0,72) das liberações de mercúrio durante a produção terminam nos resíduos do filtro de carvão (e são tratados como resíduos perigosos regulamentados, específicos do setor) e que 8% (0,80 * 0,10 = 0,08) sejam liberados na atmosfera por meio do extrator de gás.

Sendo assim, pode-se desenvolver os seguintes fatores de distribuição para a produção:

Ar =	0,10 (0,02 + 0,08)
Resíduos em geral (aterro) =	0,18
Tratamento especial de resíduos específico do setor =	0,72
Água =	0,0
Produtos =	0,0
Solo =	0,0

b) Saídas calculadas para Fase 1 –Produção:

Utilizando a entrada total de Hg calculada da produção e os fatores de distribuição acima, as liberações da produção de pilhas e baterias podem ser calculadas da seguinte forma:

(18)	Liberações para o ar da produção de pilhas e baterias	=	Entrada total de Hg 0,5 tonelada Hg	*	Fator de distribuição 0,10	=	0,05 t Hg
(19)	Liberações em aterros sanitários da produção de pilhas e baterias	=	Entrada total de Hg 0,5 tonelada Hg	*	Fator de distribuição para o ar 0,18	=	0,1 t Hg
(20)	Liberações para tratamentos de resíduos específicos da produção de pilhas e baterias	=	Entrada total de Hg 0,5 tonelada Hg	*	Fator de distribuição para o ar 0,72	=	0,36 t Hg

II. Fase 2 – uso

a) Determinação da taxa de atividade, fatores de entrada e fatores de distribuição de saídas para a Fase 2–uso:

Espera-se liberação muito limitada durante o uso, portanto, as liberações desta fase podem ser consideradas insignificantes e podemos passar para a Fase 3 (destinação).

III. Fase 3 – destinação

a) Determinação da taxa de atividade, fatores de entrada e fatores de distribuição de saídas para a Fase 3 –Destinação:

Taxa de atividade: Cerca de 3 toneladas de pilhas e baterias de óxido de mercúrio são consumidas (e destinadas) a cada ano no país XYZ, mais 15 toneladas de outros tipos de pilhas e baterias que contêm mercúrio (alcalinas, óxido de prata e zinco-ar) são consumidas (e destinadas) no país XYZ anualmente. Como não há dados disponíveis sobre a quantidade de pilhas e baterias destinadas e o consumo é considerado bastante estável ao longo de vários anos, os dados de consumo são utilizados como uma aproximação dos dados de destinação.

Fatores de entrada: As pilhas e baterias de óxido de mercúrio contêm 32% de mercúrio e as outras pilhas e baterias relacionadas no quadro acima contêm cerca de 1% de mercúrio. Esses fatores de entrada para os dois tipos de pilhas e baterias são, portanto, 0,32 tonelada Hg/tonelada de pilhas e baterias de óxido de mercúrio destinadas e 0,01 tonelada Hg/tonelada de outras pilhas e baterias contendo Hg destinadas, respectivamente.

A entrada total de mercúrio da destinação das pilhas e baterias poderá, portanto, ser calculada como segue:

(21)	Entrada total de mercúrio da destinação de pilhas e baterias	=	Taxa de atividade 3 toneladas de pilhas e baterias de HgO	*	Fator de entrada 0,32 t Hg/t de pilhas e baterias de HgO destinadas	*	Taxa de atividade 15 toneladas de outras pilhas e baterias com Hg	*	Fator de entrada 0,01 t Hg/t de outras pilhas e baterias com Hg destinadas	=	1,1 t Hg

Fatores de distribuição: Como já mencionado, cerca de 5-10% das pilhas e baterias são coletadas de forma seletiva e enviadas a instalações especiais para tratamento específico do setor; cerca de 80% são destinadas com resíduos em geral e 10–15% são destinados de forma informal.

Portanto, os seguintes fatores de distribuição para destinação podem ser desenvolvidos:

Ar =	0,0
Tratamento específico de resíduos do setor =	0,10
Sistemas de coleta de resíduos em geral =	0,80
Água =	0,0
Solo =	0,10 (destinado informalmente, presume-se que no solo)

b) Saídas calculadas para Fase 3 –Destinação:

Utilizando a entrada total de Hg calculada da destinação de pilhas e baterias e os fatores de distribuição descritos acima, as liberações advindas da destinação de pilhas e baterias podem ser calculadas da seguinte forma:

(22)	Liberações para tratamentos de resíduos específicos da destinação de pilhas e baterias	=	Entrada total de Hg 1,11 tonelada Hg	*	Fator de distribuição 0,10	=	0,1 t Hg
(23)	Liberações para sistemas de coleta de resíduos em geral da destinação de pilhas e baterias	=	Entrada total de Hg 1,11 tonelada Hg	*	Fator de distribuição 0,80	=	0,9 t Hg
(24)	Liberações no solo da destinação informal de pilhas e baterias	=	Entrada total de Hg 1,1 tonelada Hg	*	Fator de distribuição 0,10	=	0,1 t Hg

c) Resumo dos resultados – intervalos estimados das liberações para todas as vias

Com base no descrito acima, as liberações totais estimadas para todas as vias e todas as fases são as seguintes:

Ar =	0,05 tonelada de mercúrio
Resíduos em geral (aterros) =	1 tonelada de mercúrio
Tratamento específico de resíduos do setor =	0,46 tonelada de mercúrio;
Água =	0
Produtos =	0
Solo =	0,1 tonelada de mercúrio
Liberações totais para todos os meios/vias =	1,61 tonelada de mercúrio

D) Tabela com resumo de todas as liberações de mercúrio do uso e destinação de pilhas e baterias que contêm mercúrio no país XYZ

A seguir uma tabela que resume as liberações estimadas de mercúrio para o exemplo em consideração, utilizando a tabela sugerida na Seção 4.4.1.

Tabela 4-18 Exemplo 3 – produção e uso de pilhas e baterias que contêm mercúrio – resumo das liberações de mercúrio estimadas no país XYZ

Pilhas e baterias com mercúrio no país XYZ	Fase do ciclo de vida		Soma das liberações para vias em todas as fases do ciclo de vida
	Produção	Destinação	
Taxa de atividade	10 toneladas de pilhas e baterias produzidas por ano	3 toneladas de pilhas e baterias de óxido de mercúrio e 15 toneladas de outros tipos de pilhas e baterias consumidas	–
Fator de entrada para a fase	0,05 tonelada de Hg por tonelada produzida de pilhas e baterias	0,32 kg Hg liberado por kg de pilhas e baterias de óxido de mercúriodestinado e 0,01 kg Hg liberado por kg destinado de outros tipos de pilhas e baterias	–
Entrada calculada para a fase	0,5 tonelada de Hg perdida durante a produção	1,11 tonelada de Hg	–
Fatores de distribuição de saída para a fase:			NA
Ar	0,10	0,0	NA
Água (/águas residuais)	0,0	0,0	NA
Solo	0,0	0,1	NA
Produtos	0,0	0,0	NA
Tratamento de resíduos em geral (inclusive aterros)	0,18	0,8	NA
Tratamento de resíduos específico do setor	0,72	0,1	NA
Saídas/liberações calculadas para:			
Ar	0,05 tonelada de Hg	0,0	0,05 tonelada de Hg Hg
Água (/águas residuais)	0,0	0,0	0,0
Solo	0,0	0,1 tonelada de Hg	0,1 tonelada de Hg
Produtos	0,0	0,0	0,0
Tratamento de resíduos em geral	0,1 tonelada de Hg	0,9 tonelada de Hg	1 tonelada de Hg
Tratamento de resíduos específico do setor:	0,36 tonelada de Hg	0,1 tonelada de Hg	0,46 tonelada de Hg

Notas: NA – Não se aplica.

4.5 Etapa 4: Apresentação do Inventário

195. A quarta e última etapa consiste na compilação do inventário padronizado de mercúrio utilizando os resultados gerados nas etapas 1-3. Um modelo-padrão de relatório está incluído no Toolkit em separado na página web do Toolkit do PNUMA, pronto para receber suas informações. Recomenda-se usar esse modelo para assegurar que todas as fontes conhecidas

sejam consideradas (mesmo quando não poderem ser quantificadas), que as lacunas de dados sejam identificadas e que os inventários sejam comparáveis e transparentes. A apresentação dos dados do inventário é crucial e também deve ser harmonizada para permitir comparações significativas entre países.

196. Esta seção apresenta primeiro uma orientação sobre o conteúdo do relatório do inventário completo, a fim de promover uma compreensão dos elementos básicos. Depois, apresenta sugestões para a elaboração de relatórios provisórios, que podem ser úteis durante a elaboração do inventário.

197. A orientação fornecida aqui pretende auxiliar na montagem de relatórios que contêm os resultados cruciais dos projetos de inventário em formatos que sejam imediatamente úteis para o público-alvo.

4.5.1 ELEMENTOS-CHAVE DO INVENTÁRIO

198. O relatório completo do inventário irá identificar as principais atividades e processos que levam às liberações de mercúrio, a fim de proporcionar informações sobre a natureza e extensão dos processos ligados às liberações e para identificar aqueles processos para os quais há importantes lacunas de dados que deverão ser resolvidas no futuro. Tratará também das liberações no ar, água e solo, nos produtos e resíduos, na maior extensão possível, ainda que se reconheça deficiências significativas na cobertura e qualidade dos dados em certas áreas Os casos para os quais não haja dados medidos ou não haja informação adequada sobre as atividades (como estatísticas) devem ser ressaltados para acompanhamento.

199. Os elementos-chave que devem ser incluídos no relatório do inventário estão relacionados a seguir.

Resumo executivo

200. Essa seção deve prover um resumo muito breve dos principais resultados, incluindo:

- Introdução: Quem fez este inventário, quando e por quê?
- Resultados e análise: i) Resultados-chave apresentados na tabela do resumo executivo e gráficos selecionados da planilha de cálculo eii)uma breve listagem e análise das subcategorias de liberações de mercúrio que contribuem para as maiores liberações e as maiores entradas de novo mercúrio na sociedade, respectivamente.
- Lacunas de dados e recomendações para o trabalho posterior.

Tipos de fontes de liberação de mercúrio presentes no país

201. Uma tabela mostrando a presença confirmada, ausência confirmada ou incerteza para as subcategorias de fonte relevantes do Toolkit (veja o modelo de relatório).

Resumo das entradas de mercúrio na sociedade

202. Uma tabela e análise apresentando as entradas de mercúrio por subcategoria. As entradas de mercúrio na sociedade devem ser compreendidas aqui como as quantias de mercúrio passíveis de liberação por meio da atividade econômica do país. Isso inclui o mercúrio usado de forma intencional em produtos como termômetros, medidores de pressão arterial, lâmpadas fluorescentes, etc. Inclui também o mercúrio mobilizado por meio da extração e uso de matérias-primas que contenham mercúrio em baixas concentrações. Para as categorias de resíduos, as "entradas" são calculadas para mostrar a distribuição do mercúrio nos resíduos advindo das

diferentes atividades de tratamento de resíduos e calcular as liberações dessas atividades, embora o resíduo não seja uma fonte original da entrada de mercúrio na sociedade (salvo no caso da importação de resíduos).

Resumo das liberações de mercúrio

203. Uma tabela e análise que forneçam um resumo de todas as liberações de mercúrio de todas as subcategorias de fontes presentes. As principais liberações de mercúrio aqui são as no ar (atmosfera), água (corpos d'água doce e marinhos, inclusive por meio dos sistemas de águas residuais), solo, resíduos em geral e resíduos específicos dos setores. Uma via de saída adicional é a de derivados, que levam os fluxos de mercúrio de volta ao mercado em derivados que contêm impurezas de mercúrio.

Focos identificados de contaminação de mercúrio

204. Uma lista de todos os locais com focos de mercúrio identificados no país deverá ser apresentada em forma de tabela com descrições resumidas dos locais, com base em informações disponíveis.

Dados e inventário por categoria de fonte

205. Para cada subcategoria de fonte, apresentar dados e sua origem com referência explícita e detalhada para fontes de dados para cada conjunto de dados.

206. Descrição dos cálculos e aproximações realizadas. Inclusive conversão de dados para as unidades necessárias, cálculos de aproximação como extrapolações emnível nacional a partir de dados representativos, etc.

207. Descrição detalhada das lacunas de dados existentes e como se buscou recuperar esses dados.

Referências

208. Fornecer referências completas para todas as fontes de dados em seu relatório, como especificado no modelo do relatório.

Apêndices – Planilha de cálculo do Inventário Nível 2

209. Publicar/submeter a planilha final do Inventário Nível 2 no formato Excel (ou PDF, se desejado) com o relatório. A planilha de cálculo é parte essencial da documentação do inventário.

210. Outros dados muito detalhados também podem ser apresentados em apêndices, se forem relevantes.

4.5.2 PLANILHA PARA CÁLCULO DE LIBERAÇÕES

211. Como complemento deste Toolkit, está disponível na internet uma planilha Excel em separado para facilitar o cálculo das entradas e saídas das diferentes categorias de fontes. Mais informações sobre essa planilha se encontram na seção 9.2 deste Toolkit.

4.5.3 SUGESTÕES DE RELATÓRIOS PROVISÓRIOS

212. No começo do processo, um inventário provisório pode ser usado para:

- solicitar comentários e revisão das fases iniciais do estudo antes de empenhar recursos excessivos no projeto;

- fornecer informações valiosas preliminares comparativas nos âmbitos nacional, regional e internacional;
- mostrar a dimensão potencial das liberações de subcategorias significativas; e
- priorizar esforços subsequentes para levantar mais dados.

213. Se houver desejo de um inventário provisório, poderá ser desenvolvido um Inventário Nível 1 de mercúrio deste Toolkit. O Inventário Nível 1 tem procedimentos mais simples e padronizados e, portanto, pode ser concluído com menos recursos. Se o Inventário Nível 1 não for usado, mas ainda houver desejo de elaborar um inventário provisório, favor observar as seguintes recomendações.

214. O estabelecimento de um inventário provisório poderá ocorrer após a identificação das principais subcategorias de fontes presentes no país (ou região) e a geração de estatísticas de atividades (ou outras indicações de sua dimensão), mas antes de completar os exercícios de coleta de informações detalhadas.

215. O objetivo do inventário provisório é ilustrar a dimensão potencial das liberações dos processos identificados e, assim, estabelecer prioridades logo. Para cada fonte, o resultado será um indicador bastante aproximado do tamanho das liberações de mercúrio.

216. Um inventário provisório poderá conter as seguintes informações:

- lista de todas as subcategorias conhecidas presentes no país;
- tabelas que resumam as estatísticas de atividades para cada subcategoria, especialmente aquelas que se espera sejam significativas no país,sempre e quando essas informações não impliquem o uso excessivo de recursos. Ademais, devem ser incluídos breves comentários sobre como foi encontrada ou estimada a informação;
- tabela que mostre a variação de fatores-padrão relevantes por subcategoria e a variação de liberações potenciais calculadas com esses fatores-padrão (taxa de atividade multiplicada pelos fatores inferiores e superiores de entrada e distribuição);
- ilustração das variações potenciais das liberações na forma de um gráfico de barras para cada subcategoria com base nos fatores-padrão de emissão.

217. O relatório provisório indicaria quais subcategorias provavelmente seriam fontes significativas de uso e liberação de mercúrio no país, bem como aquelas categorias para as quais informações adicionais seriam necessárias. Também poderá ser usado como orientação para direcionar os esforços nas próximas fases da elaboração do inventário, conforme necessário.

5 Descrições detalhadas das fontes de liberações de mercúrio e dos fatores de entrada e saída de mercúrio

218. É importante observar que não se espera que a Seção 5 seja lida de uma só vez, as descrições detalhadas das fontes em cada subseção foram redigidas de forma independente, levando assim a alguma duplicação de textos. Essa abordagem foi escolhida a fim de permitir ao leitor encontrar todas as informações necessárias para uma fonte específica, sem ter que fazer referências cruzadas com outras seções para obter informações adicionais.

219. Os comentários sobre como fazer uso das informações na Seção 5 para quantificar as liberações de mercúrio para uma determinada fonte estão incluídos na Seção 4.4.

220. A maneira mais rápida de se chegar às descrições individuais das fontes é por meio do Sumário no início deste relatório (na versão em formato Word).

5.1 Extração e uso de combustíveis/fontes energéticas

221. Esta categoria principal inclui usinas elétricas, fornos industriais e instalações que provêm aquecimento e sejam movidas a combustíveis fósseis (incluindo a ço-combustão de até 1/3 de resíduos), biogás, inclusive gás de aterro, e biomassa. Também inclui a exploração de gás natural, óleo mineral e outros combustíveis fósseis. As sete subcategorias desta principal categoria de fonte se encontram na Tabela 5-1 a seguir. As principais vias de liberações de mercúrio são ar, água e resíduos/rejeitos. O solo também pode ser uma via de liberação no caso de aquecimento e cozinha residenciais, quando for utilizada biomassa (geralmente lenha) ou combustíveis fósseis, e na exploração do óleo mineral. Ademais, as liberações no solo podem ocorrer se resíduos contaminados são despejados diretamente sobre o solo (UNEP, 2003).

Tabela 5-1 Extração e uso de combustíveis/fontes energéticas: subcategorias com as principais vias de liberações de mercúrio e abordagem de inventário recomendada

Capítulo	Subcategoria	Ar	Água	Solo	Produto	Resíduos/ rejeitos	Principal abordagem de inventário
5.1.1	Combustão de carvão mineral em grandes centrais elétricas	X	x	x	x	X	FP
5.1.2	Outros usos do carvão	X		x	x	x	AG
5.1.3	Extração, refino e uso de óleo mineral	X	X	x	x	x	AG/FP
5.1.4	Extração, refino e uso de gás natural	X	X	X	x	X	AG/FP
5.1.5	Extração e uso de outros combustíveis fósseis	X	x	x		x	AG
5.1.6	Produção de calor e energia a partir da biomassa	X	x	x		x	AG
5.1.7	Produção de energia geotérmica	X					FP

Notas: FP = abordagem por fonte pontual.
AG = abordagem geral/nacional.
X – Via de liberação que se espera seja predominante na subcategoria.
x – Outras vias de liberação a serem consideradas em função da situação nacional e da fonte específica.

5.1.1 COMBUSTÃO DE CARVÃO MINERAL EM GRANDES CENTRAIS ELÉTRICAS

5.1.1.2 Descrição da subcategoria

222. O carvão é usado para produção de calor e eletricidade em diferentes setores com diversas tecnologias de combustão. Matérias-primas naturais, inclusive o carvão, contêm vestígios de mercúrio, que se libera termicamente durante a combustão.

223. Essa subcategoria inclui grandes usinas térmicas (geralmente com capacidade térmica das caldeiras acima de 300 MW). A maioria dessas usinas é de produção elétrica de larga escala, algumas das quais também fornecem calor (aquecimento urbano, etc.). A razão de descrever essas termoelétricas a carvão em separado é que em muitos países elas representam parte significativa do consumo nacional de carvão e muitas vezes estão equipadas com grandes sistemas de configuração individual de redução de emissões. Esses equipamentos capturam uma parte da saída de mercúrio, que reduz a liberação direta na atmosfera. Em muitos casos, usinas menores de combustão do carvão não possuem dispositivos de redução de emissões no mesmo grau.

224. Algumas usinas termoelétricas que utilizam combustíveis fósseis também podem utilizar óleo e outros combustíveis de carbono, mas esta seção se concentra no carvão já que este contém as maiores concentrações de mercúrio. A combustão de óleo e gás é tratada nas Seções 5.1.3 e 5.1.4, respectivamente.

5.1.1.2 Principais fatores que determinam as liberações de mercúrio e saídas de mercúrio

Tabela 5-2 Principais liberações e meios receptores da combustão em grandes centrais termoelétricas

Fase do ciclo de vida	Ar	Água	Solo	Produto	Resíduos em geral	Destinação/ tratamento específico do setor
Combustão	X	x	x	x	X	X

Notas: X – Via de liberação que se espera seja predominante na subcategoria.
x – Outras vias de liberação a serem consideradas em função da situação nacional e da fonte específica.

225. As concentrações de mercúrio no carvão usado constituem o principal fator determinante das liberações de mercúrio deste setor. A maior parte do mercúrio no carvão é liberada termicamente em forma gasosa durante o processo de combustão. A lavagem do carvão pré-combustão utilizada em alguns países (que foi originalmente introduzida para remover parte do enxofre do carvão) poderá remover parte do mercúrio no carvão e exige sistemas adequados de limpeza/retenção para conservar o mercúrio depois do processo de lavagem.

226. Outro fator importante é o sistema de redução de emissões utilizado (também chamado de sistema de controle da poluição atmosférica). Equipamentos pós-combustão para dessulfuração de gases de combustão, remoção de NO_x e retenção de partículas, hoje muito usados em países industrializados, retêm parte do mercúrio que seria liberado. A retenção varia de acordo com os tipos de filtro e carvão utilizados. Configurações de filtros estabelecidas para retenção ótima de mercúrio ainda não são muito comuns, mas foram introduzidas nos EUA. A tecnologia de combustão e, especialmente, os tipos de carvão usados influenciam na eficiência dos sistemas de depuração de gases de combustão e, portanto, nas liberações diretas.

227. Por exemplo, os tipos de carvão com alto teor de cloreto e condições de combustão que favoreçam a oxidação do mercúrio nos gases de escape levam a uma maior retenção de mercúrio

nos sistemas de redução de emissões frequentemente usados nos países industrializados. As unidades que queimam carvão betuminoso, ou que tenham elevado carvão residual nos gases de combustão, apresentam maiores níveis de retenção de mercúrio nos filtros de particulados e lavadores (UNEP, 2002). Para informações mais detalhadas sobre diferentes princípios de combustão em usinas termoelétricas a carvão, consulte, por exemplo, US EPA (1997a) e US EPA (2002a).

228. As saídas de mercúrio deste setor estão distribuídas entre 1) emissões na atmosfera; 2) acumulação em resíduos sólidos da incineração e resíduos da depuração de gases de combustão; e 3) possivelmente liberações menores na água (apenas por meio dos sistemas com tecnologia de depuração úmida de gases de combustão ou da pré-lavagem do carvão). Deve-se ressaltar que assim como a deposição de outros resíduos que contêm mercúrio, os resíduos sólidos da combustão do carvão nas usinas termoelétricas podem acarretar futuras liberações de mercúrio. A dimensão dessas liberações depende do nível de controle do depósito para minimizar as liberações de mercúrio no ar, água e solo ao longo das décadas.

229. Na América do Norte e na Europa Ocidental, cerca de metade da entrada de mercúrio é liberada com emissões para o ar, enquanto que a outra metade é retida nos resíduos da depuração de gases de combustão e apenas uma pequena parte é geralmente retida na escória/cinzas residuais. Dependendo do sistema de depuração de gases de combustão utilizado, os resíduos e derivados que contêm mercúrio podem ser cinzas volantes, produto sólido da reação sulfúrica para deposição (a partir de lavadores secos ou úmidos) e placas de gesso (que são comercializadas).

230. Para as usinas de combustão do carvão sem equipamentos de redução de emissões ou apenas com retenção das partículas maiores (retenção em PES), toda ou quase toda entrada de mercúrio será liberada diretamente na atmosfera. Isso ocorre porque, ao contrário da maioria dos outros metais pesados, uma parte substancial do mercúrio nos gases de escape está presente como mercúrio elementar gasoso. No entanto, os filtros de manga e outros filtros de partículas de alta eficiência, que também retêm partículas pequenas, têm retido elevadas porcentagens das entradas de mercúrio em alguns tipos de carvão, favorecendo a oxidação de mercúrio nos gases de combustão, já que o mercúrio oxidado se associa a partículas e à umidade.

5.1.1.3 Análise das entradas de mercúrio

Tabela 5-3 Visão geral dos dados de taxa de atividade e tipos de fatores de entrada de mercúrio necessários para calcular as liberações da combustão do carvão em grandes usinas termoelétricas

Dados de taxa de atividade necessários	Fator de entrada de mercúrio
Quantidade de cada tipo principal de carvão queimado	Concentração de mercúrio em cada tipo principal de carvão queimado

231. A razão pela qual as entradas são definidas para cada tipo principal de carvão é que o Toolkit funciona com quatro tipos principais. Isso ocorre porque a eficiência de retenção de mercúrio nos sistemas de controle de poluição atmosférica (e, portanto, os fatores de distribuição de saídas) varia de acordo com o tipo de carvão devido à sua química.

232. Estimativas detalhadas do consumo nacional de diferentes tipos de combustíveis, em totais e por setor, estão disponíveis no site da Agência Internacional de Energia,http://www.iea.org/stats/. Para o carvão, o consumo também está dividido nos principais tipos de carvão (antracito, betuminoso (inclusive “carvão coque”), sub-betuminoso e lignita; no site, selecione país, “statistics” e “coal”).

233. A concentração de mercúrio no carvão varia bastante de acordo com o tipo de carvão, a origem do carvão e até mesmo dentro da mesma mina. Por exemplo, as concentrações de mercúrio podem variar por uma ordem de grandeza ou mais no mesmo campo de mineração (PIRRONE et al., 2001). Dados disponíveis de concentrações de mercúrio no carvão variam entre 0,01-8,0 ppm. O Serviço Geológico dos EUA (BRAGG et al., 1998) relatou concentrações médias de mercúrio em 7.000 amostras de carvão americano de 0,17 mg/kg, onde 80% ficaram abaixo de 0,25 mg/kg e o maior valor foi de 1,8 mg/kg. Para mais exemplos de concentrações de mercúrio em carvão, veja na Tabela 5-4 a seguir e as fontes de dados referidas por esta tabela.

Tabela 5-4 Exemplos de concentrações de mercúrio em carvão de diferentes tipos e origens (mg/kg ou ppmwt; referências dos dados nas notas da tabela)

Origem geográfica	Tipo de carvão	Concentração média de Hg	Desvio padrão da média	Faixa das concentrações de Hg, com número de amostras em parênteses	Notas
África do Sul	Betuminoso			0,01-1,0	Pirrone et al., 2001
África do Sul	Betuminoso/ antracito	0,31			Mesakoameng et al., 2010 citado pela UNEP/ AMAP, 2012
Alemanha	Betuminoso			0,7-1,4	Pirrone et al., 2001
Alemanha	Uso de lignita em UT	0,063			UNEP/AMAP, 2012
América do Sul ***2**	Betuminoso	0,08	0,07	0,01-0,95 (269)	"Queimado em 1999" nos EUA; concentrações de peso seco; origem exata desconhecida, não apre-sentado se representativo da origem
Austrália	Betuminoso			0,03-0,4	Pirrone et al., 2001
Austrália	Lignita, sub-betuminoso	0,032			P. Nelson, citado pela UNEP/AMAP, 2012
Austrália	Lignita usado na indústria	0,068			P. Nelson, citado pela UNEP/AMAP, 2012
Argentina	Betuminoso	0,1		0,03 e 0,18 (2)	Finkelman, 2004
Botsuana	Betuminoso	0,09		0,04-0,15 (11)	Finkelman, 2004
Brasil	Betuminoso	0,19		0,04-0,67 (4)	Finkelman, 2004
Canadá	Betuminoso, sub-betuminoso, lignita	0,07			Mazzi et al., 2006, citado pela UNEP/AMAP, 2012
China	Antracito + betuminoso	0,15		<0,0-0,69 (329)	Finkelman, 2004
China	Betuminosos em UT e antracito para uso industrial	0,149			UNEP, 2011c, citado pela UNEP/AMAP, 2012
China	Antracito para usos difusos (outros)	0,19			UNEP, 2011c, Sloss, 2008, citado pela UNEP/ AMAP, 2012
Colômbia	Sub-betuminoso	0,04		>0,02-0,17 (16)	Finkelman, 2004
Egito	Betuminoso	0,12		0,04-0,36 (14)	Finkelman, 2003
EUA *1	Sub-betuminoso	0,10	0,11	0,01-8,0 (640)	Mesma observação que para EUA, betuminoso

Origem geográfica	Tipo de carvão	Concentração média de Hg	Desvio padrão da média	Faixa das concentrações de Hg, com número de amostras em parênteses	Notas
EUA *1	Lignita	0,15	0,14	0,03-1,0 (183)	Mesma observação que para EUA, betuminoso
EUA *1	Betuminoso	0,21	0,42	<0,01-3,3 (3527)	Considerado na referência (US EPA, 1997a) como típicos valores "subterrâneos" para o carvão dos EUA, provavelmente em conc. de peso úmido
EUA *1	Antracito	0,23	0,27	0,16-0,30 (52)	Mesmaobservação que para EUA, betuminoso
Origem geográfica	Tipo de carvão	Concentração média de Hg	Desvio-padrão da média	Faixa das concentrações de Hg, com número de amostras em parênteses	Notas
EUA	Sub-betuminoso, uso em UT	0,055			UNEP, 2010a, A. Kolker, pers. com., citado pela UNEP/AMAP, 2012
Federação Russa	Betuminoso e lignita usado em UT	0,063			UNEP, 2011d, citado pela UNEP/AMAP, 2012
Federação Russa	Lignita e antracito usado da indústria e usos difusos	0,1			UNEP, 2011d, citado pela UNEP/AMAP, 2012
Índia	Betuminoso e lignita (média de UT)	0,14			UNEP/CIMFR-CSIR, 2012, citado pela UNEP/AMAP, 2012
Índia	Lignita e antracito (uso industrial e difuso)	0,292			Mukherjee et al., 2008, citado pela UNEP/AMAP, 2012
Indonésia	Lignita	0,11		0,02-0,19 (8)	Finkelman, 2003
Indonésia *2	Sub-betuminoso	0,03	0,01	0,01–0,05 (78)	"Queimado em 1999" nos EUA; concentrações de peso seco; origem exata desconhecida, não apresentado se representativo da origem
Japão	Betuminoso			0,03-0,1	Pirrone et al., 2001
Japão	Betuminoso/ antracito	0,0454			Informações nacionais submetidas à UNEP/ AMAP, 2012
México	Sub-betuminoso/ lignita	0,293			Carvão não-lavado, P. Maíz, 2008, citado pela UNEP/AMAP, 2012
Nova Zelândia	Betuminoso			0,02-0,6	Pirrone et al., 2001
Peru	Antracito+betum.	0,27		0,04-0,63 (15)	Finkelman, 2004
Filipinas	Sub-betuminoso	0,04		<0,04-0,1	Finkelman, 2004
Polônia	Betuminoso			0,01-1,0	Pirrone et al., 2001
Reino Unido	Betuminoso			0,2-0,7	Pirrone et al., 2001
Rep. Checa	Betuminoso	0,25		<0,02-0,73 (24)	Finkelman, 2003

Origem geográfica	Tipo de carvão	Concentração média de Hg	Desvio padrão da média	Faixa das concentrações de Hg, com número de amostras em parênteses	Notas
República da Coreia	Antracito	0,3		<0,02-0,88 (11)	Finkelman, 2003
República da Coreia	Antracito usado em UT	0,082			Kim et al., 2010a, citado pela UNEP/AMAP, 2012
República da Coreia	Betuminoso usado em UT e usos difusos	0,046			Kim et al., 2010a e 2010b, citado pela UNEP/AMAP, 2012
República da Coreia	Antracito usado na indústria	0,069			Kim et al., 2010a, citado pela UNEP/AMAP, 2012
República Eslovaca	Betuminoso	0,08		0,03-0,13 (7)	Finkelman, 2004
Romênia	Lignita+ Sub-betuminoso	0,21		0,07-0,46 (11)	Finkelman, 2004
Rússia	Betuminoso	0,11		<0,02-0,84 (23)	Finkelman, 2003
Origem geográfica	Tipo de carvão	Concentração média de Hg	Desvio-padrão da média	Faixa das concentrações de Hg, com número de amostras em parênteses	Notas
Tanzânia	Betuminoso	0,12		0,04-0,22 (15)	Finkelman, 2004
Taiwan	Antrac./betum.	0,67		0,07-2,3 (4)	Finkelman, 2004
Tailândia	Lignita	0,12		0,02-0,57 (11)	Finkelman, 2003
Turquia	Lignita	0,11		0,03-0,66 (143)	Finkelman, 2004
Ucrânia	Betuminoso	0,07		0,02-0,19 (12)	Finkelman, 2003
Vietnã	Antracito	0,28		<0,02-0,14 (3)	Finkelman, 2004
Zâmbia	Betuminoso	0,6		<0,03-3,6 (12)	Finkelman, 2004
Zimbábue	Betuminoso	0,08		<0,03-0,5 (3)	Finkelman, 2004
Antiga Iugoslávia	Lignita	0,11		0,07-0,14 (3)	Finkelman, 2004

Notas: UT: Usinas termoelétricas.
*1 Referência: US EPA (1997a).
*2 US EPA (2002a); Apêndice A.

234. Algumas usinas a carvão também queimam resíduos, que poderão conter mercúrio. Para uma descrição de mercúrio nos resíduos, veja seção 5.8 (incineração de resíduos). Nos casos em queos resíduos são incinerados na usina a carvão em estudo, as entradas estimadas de mercúrio dos resíduos deverão ser acrescentadas a outras entradas de mercúrio a fim de calcular as liberações.

235. UNEP/AMAP (2012) trabalhou com um fator de entrada de mercúrio intermediário (fator de emissão inalterado) para as usinas termoelétricas que utilizam os seguintes tipos de carvão: antracito, betuminoso, sub-betuminoso e lignita de 0,15 g Hg/tonelada de carvão, com base em estudos na literatura (inclusive uma versão anterior deste Toolkit) e informações específicas dos países, levantadas como parte daquele projeto.

5.1.1.4 Exemplos de mercúrio em liberações e resíduos/rejeitos

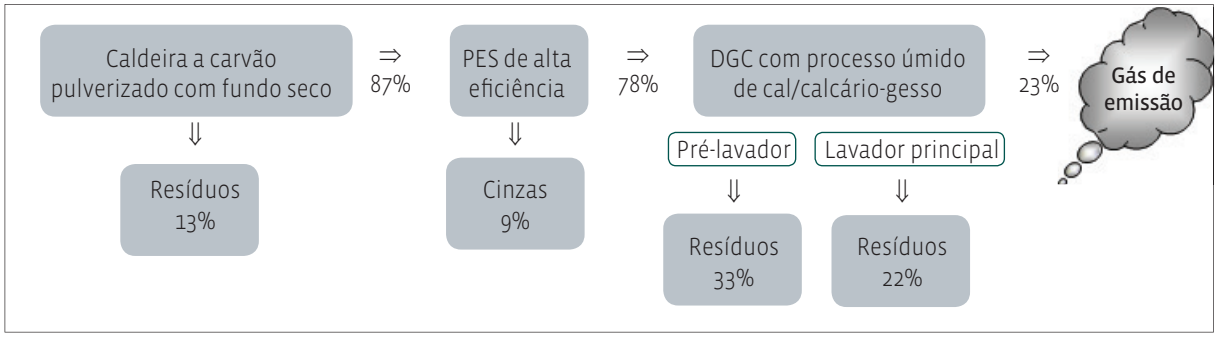
236. Se a pré-lavagem do carvão for usada, isso poderá diminuir o teor de mercúrio no carvão em 10-50% em relação ao conteúdo original (UNEP, 2002). US EPA (1997a) relatou um valor médio de remoção de mercúrio de 21% para a pré-lavagem do carvão nas usinas dos EUA.

237. A eficiência dos sistemas de redução de emissões de reter o mercúrio nos gases de escape das usinas a carvão foi investigada em vários estudos e em muitas configurações diferentes de equipamentos. Como já mencionado, a eficiência varia consideravelmente, até mesmo dentro das mesmas condições de combustão e princípios utilizados de redução de emissões. Portanto, as medidas específicas da fonte pontual da eficiência do controle são a abordagem preferencial para o inventário, sempre que possível e viável.

238. Pacyna informou que alguns **sistemas úmidos de dessulfuração dos gases de combustão (DGC)** não conseguem remover mais que 30% do mercúrio nos gases de escape, mas em geral a eficiência da remoção é da ordem de 30-50% (PACYNA AND PACYNA, 2000; citado por UNEP, 2002). Dados dos Estados Unidos mostraram algumas remoções de mercúrio de mais de 80% ao usar sistemas de DGC úmido para o controle de emissões de mercúrio em caldeiras elétricas a carvão (Escritório de Pesquisa e Desenvolvimento de US EPA, disponível em: http://www.epa.gov/ttn/atw/utility/hgwhitepaperfinal.pdf)

239. Um exemplo da distribuição relativa do mercúrio entre as diferentes fases/saídas de uma caldeira a carvão está resumido na Figura 5-1 abaixo (PACYNA AND PACYNAa, 2000; citado por UNEP, 2002).

Figura 5-1 Redução das emissões de mercúrio com sistemas úmidos de DGC; fluxos e saídas de mercúrio em % da entrada de mercúrio para a caldeira, com base em Pacyna and Pacyna (2000) (figura de UNEP, 2002)



240. A retenção do mercúrio na fase de vapor por **absorção com sistemas de secagem por atomização** foi investigada na Escandinávia e nos EUA para queimadores de carvão e para incineradores. Em resumo, a remoção do mercúrio em diversos sistemas de secagem por atomização varia de 35 a 85%. As melhores eficiências de remoção foram alcançadas em sistemas de secagem por atomização equipados com filtros de manga na saída (PACYNA AND PACYNA, 2000, citado pela UNEP, 2002).

241. Segundo o resumo de condições na Dinamarca (com base no balanço de massa), a distribuição de saídas do mercúrio em usinas termoelétricas com controle de partículas (MP) e sistemas úmidos de DGC foi estimada em cerca de 50% de retenção com controle de MP, 20% de retenção com resíduos de DGC e 30% liberados para a atmosfera. Estimativas semelhantes para as usinas com controle de MP e sistemas semissecos de DGC foram aproximadamente 50% de retenção com controle de MP, 25% de retenção com resíduos de DGC e 25% liberados para a atmosfera. Para umas poucas fábricas que só dispõem de controle de MP, aproximadamente 50% foram retidos pelo controle de MP e o resto liberado para a atmosfera (Skårup et al., 2003).

242. Em outro exemplo, US EPA (2002a) realizou investigações de retenção de mercúrio em uma série de caldeiras àbase de carvão nos EUA com diferentes equipamentos de redução de emissões e diferentes tipos de carvão utilizado nos EUA. Os resultados estão resumidos na Tabela 5-5 a seguir. Para mais detalhes, consulte US EPA (2002a).

243. Diversos conjuntos de fatores de emissão para o mercúrio advindos da combustão de carvão nas usinas termoelétricas somente para a atmosfera foram desenvolvidos em, por exemplo, nos EUA (veja US EPA, 1997 ou US EPA, 2002a) e na Europa (EMEP/CORINAIR, 2001). No entanto, são apresentados como fatores de emissão únicos para diversas condições, não divididos em fatores de entrada e fatores de distribuição de saídas, como neste Toolkit.

Tabela 5-5 Resultados resumidos da recente investigação de US EPA sobre a retenção de mercúrio em diferentes sistemas de redução de emissões. Captura média de mercúrio em % da entrada de mercúrio para o dispositivo de redução (US EPA, 2002a)

Estratégia de controle pós-combustão	Configuração do dispositivo de controle de emissão pós-combustão	Captura média de mercúrio pela configuração de controle (número de testes em parênteses)		
		Carvão queimado na caldeira a carvão pulverizado		
		Carvão betuminoso	Carvão sub-betuminoso	Lignita
Só controle de MP	PES-F	36% (7)	3% (5)	- 4% (1)
	PES-Q	9% (4)	6% (4)	Não foi testado
	FM	90% (4)	72% (2)	Não foi testado
	LP	Não foi testado	9% (1)	Não foi testado
Controle de MP e ASA	ASA+PES	Não foi testado	35% (3)	Não foi testado
	ASA+FM	98% (3)	24% (3)	0% (2)
	ASA+FM+RCS	98% (1?)	Não foi testado	Não foi testado
Controle de MP e sistema úmido de DGC (a)	LP+DGC	12% (1)	-8% (4)	33 % (1)
	PES-F+DGC	74% (1)	29% (3)	44 % (2)
	PES-Q+DGC	50% (1)	29% (5)	Não foi testado
	FM+DGC	98% (2)	Não foi testado	Não foi testado

(a) Captura estimada para ambos os dispositivos de controle.

RCS – Redução catalítica seletiva; PES-F – Precipitador eletrostático lado frio; PES-Q – precipitador eletrostático lado quente; FM – Filtro de manga; LP – Lavador de partículas; ASA – Adsorção com secagem por atomização; DGC – dessulfuração de gases de combustão.

244. A Tabela 5-6 mostra as eficiências médias de retenção de mercúrio para os controles de poluição atmosférica usados na combustão de carvão nas usinas termoelétricas, bem como as taxas de aplicação associadas, utilizadas por UNEP/AMAP (2012) em seus inventários. Os dados apresentados se basearam em estudo da literatura (inclusive uma versão anterior deste Toolkit) e informações específicas dos países levantadas para aquele projeto. As taxas de retenção para alguns controles de poluição atmosférica variam um tanto em função do tipo de carvão; principalmente devido à química do carvão, por exemplo, a concentração de halógenos e outros componentes que influenciam a oxidação do mercúrio nos gases de combustão. O mercúrio oxidado se associa a partículas e umidade e, portanto, pode ser mais bem retido nos filtros de partículas, enquanto que o gás de mercúrio elementar só é retido de maneira eficaz em filtros específicos para mercúrio, como injeção de carvão ativado (ICA) coletado em filtros de manga (FM).

Tabela 5-6 Taxas de retenção de mercúrio e perfil de aplicação para a combustão de carvão em centrais elétricas desenvolvidas por UNEP/AMAP (2012)

	Taxas intermediárias de retenção de mercúrio, %, por tipo de carvão				Grau de aplicação (%), por grupo de país *1				
Controles de poluição atmosférica (CPA)	Antracito	Betuminoso	Sub-betuminoso	Lignita	1	2	3	4	5
Nível 0: Nenhum	0	0	0	0					
Nível 1: CPA simples para material particulado PES/LP/CIC	25	25	10	2	30	75	70	100	100
Nível 2: Material particulado (FM)	50	50	50	5	5	20	30		
Nível 3: CPA eficiente: MP+ASA/DGC(vu)	65	65	40	20	20				
Controles de poluição atmosférica (CPA)	Antracito	Betuminoso	Sub-betuminoso	Lignita	1	2	3	4	5
Nível 4: CPA muito eficiente: MP+DGC+RSC	70	90	25	20	40	5			
Nível 5: Específico para mercúrio	97	97	75	75	5				

Notas: *1 UNEP/AMAP (2012) distribuiu os países em cinco grupos com base no seu nível de desenvolvimento no que diz respeito à redução de mercúrio, sendo os mais desenvolvidos o grupo 1 e os menos, grupo 5. Consulte as referências para mais informações sobre o agrupamento.

5.1.1.5 Fatores de entrada e fatores de distribuição de saídas

245. Com base nos exemplos até agora compilados das concentrações de mercúrio no carvão e nas informações sobre a eficiência do sistema de redução de emissões descritos acima, os seguintes fatores-padrão de entrada e distribuição são sugeridos para uso nos casos em quedados específicos da fonte não estejam disponíveis. Sublinha-se que os fatores-padrão sugeridos no presente Toolkit baseiam-se num banco de dados limitado e, como tal, devem ser considerados sujeitos a revisões à medida que se amplie o banco de dados. Ademais, os fatores-padrão apresentados baseiam-se apenas em dados resumidos.

246. O principal motivo de usarem-se os fatores-padrão é obter uma primeira impressão para saber se a subcategoria é uma fonte significativa de liberação de mercúrio no país. Em princípio, as estimativas de liberação teriam que ser mais aprimoradas (após o cálculo com fatores-padrão) antes de qualquer ação de largo alcance fosse empreendida com base nestas estimativas.

247. Considerando a grande variação apresentada acima tanto na concentração de mercúrio no carvão quanto na eficiência dos sistemas de redução de emissões do mercúrio, o uso de dados específicos da fonte será sempre preferível, se viável. Consulte a Seção 4.4.5 para orientação sobre coleta de dados.

a) Fatores-padrão de entrada de mercúrio

248. Os dados reais sobre os níveis de mercúrio na composição do determinado carvão utilizado conduzirão às melhores estimativas de liberações. No caso de não haver dados para o carvão utilizado, poderão ser usados os valores médios ou faixas dos dados de tipos semelhantes de carvão (veja exemplos na **Tabela 5-4** anteriormente citada).

249. Se não houver informações disponíveis sobre a concentração de mercúrio no carvão utilizado, uma primeira estimativa poderá ser realizada usando os fatores-padrão de entrada selecionados na Tabela 5-7a seguir(com base nos conjuntos de dados apresentados nesta seção). Como as concentrações variam muito, recomenda-se calcular e informar intervalos para as entradas de mercúrio nesta categoria de fonte. O limite inferior dos fatores-padrão foram estabelecidos para indicar uma estimativa baixa para a entrada de mercúrio para a categoria de fonte (mas não o mínimo absoluto), e o limite superior resultará numa estimativa elevada (mas

não o máximo absoluto). O valor intermediário é utilizado no Inventário Nível 1 do Toolkit. Se intervalos não forem usados, o emprego do valor máximo proverá a indicação mais segura da possível importância da categoria de fonte para outras investigações. O uso do limite superior não implica automaticamente que as verdadeiras liberações sejam tão altas assim, apenas que deverá ser objeto de mais investigações.

Tabela 5-7 Fatores-padrão de entrada para o mercúrio no carvão para a produção de energia em centrais elétricas

Material	Fatores-padrão de entrada; g mercúrio por tonelada de carvão seco; (inferior, superior, (intermediário))
Carvão utilizado em centrais elétricas (para todos os tipos principais)	0,05-0,5 (0,15)

250. De acordo com UNEP/AMAP (2012), os fatores-padrão de distribuição de saídas são apresentados a seguirpara cada um dos quatro principais tipos de carvão Observe que a designação "carvão de coque" utilizada, por exemplo, nas estatísticas de carvão da AIE, é um subgrupo do carvão betuminoso e, portanto, pode ser calculado como tal.

b) Fatores-padrão de distribuição de saídas de mercúrio

Tabela 5-8 Fatores-padrão de distribuição para as saídas de mercúrio advindas da combustão de carvão nas centrais elétricas

Sistema de redução de emissões e tipo de carvão	Fatores de distribuição, parcela da entrada de Hg					
	Ar	Água	Solo *2	Produtos *3	Resíduos em geral *2	Destinação/tratamento específico do setor *2
Lavagem de carvão *** 1**		0,01		0,8 (no arvão a ser queimado)		0,19
Combustão de antracito						
Nível 0: Nenhum	1					
Nível 1: CPA simples para material particulado: PES/LP/CIC	0,75					0,25
Nível 2: Material particulado (FM)	0,5					0,5
Nível 3: CPA eficiente: MP+ASA/DGC(vu)	0,35	?				0,65
Nível 4: CPA muito eficiente: MP+DGC+RSC	0,3					0,7
Nível 5: Específico para mercúrio	0,03					0,97
Combustão de carvão betuminoso						
Nível 0: Nenhum	1					
Nível 1: CPA simples para material particulado: PES/LP/CIC	0,75					0,25
Nível 2: Material particulado (FM)	0,5					0,5
Nível 3: CPA eficiente: MP+ASA/DGC(vu)	0,35	?				0,65
Nível 4: CPA muito eficiente: MP+DGC+RSC	0,1					0,9
Nível 5: Específico para mercúrio	0,03					0,97
Combustão de carvão sub-betuminoso						
Nível 0: Nenhum	1					

Sistema de redução de emissões e tipo de carvão	Fatores de distribuição, parcela da entrada de Hg					
Nível 1: CPA simples para material particulado: PES/LP/CIC	0,9					0,1
Nível 2: Material particulado (FM)	0,5					0,5
Nível 3: CPA eficiente: MP+ASA/DGC (vu)	0,6	?				0,4
Nível 4: CPA muito eficiente: MP+DGC+RSC	0,75					0,25
Nível 5: Específico para mercúrio	0,25					0,75
Combustão de lignita						
Nível 0: Nenhum	1					
Nível 1: CPA simples para material particulado: PES/LP/CIC	0,98					0,02
Nível 2: Material particulado (FM)	0,95					0,05
Nível 3: CPA eficiente: MP+ASA/DGC(vu)	0,8	?				0,2
Nível 4: CPA muito eficiente: MP+DGC+RSC	0,8					0,2
Nível 5: Específico para mercúrio	0,25					0,75

Notas: *1 Se o carvão for lavado, a entrada de mercúrio para a combustão é a saída calculada para "produtos" da lavagem do carvão. As saídas para água podem ocorrer se todo o mercúrio na água da lavagem não for retido nos resíduos.

*2 Se os resíduos não forem depositados com cuidado, o mercúrio nos resíduos poderá ser considerado liberado para o solo.A destinação específica do setor poderá incluir destinação em aterro de segurança, destinação em aterros especiais sem prevenção de lixiviação e uso mais difuso na construção de estradas ou outras obras. A verdadeira distribuição para destinação nos resíduos em geral (aterros comuns) e para deposição específica do setor provavelmente vai variar muito entre países, e informações específicas sobre os procedimentos locais de destinação devem ser levantadas.

*3 Dependendo do tipo de sistema de depuração de gases de combustão empregado, parte do mercúrio que poderia ser depositada como resíduo poderá fazer parte dos subprodutos comercializados (principalmente placas de gesso e ácido sulfúrico).

Abreviaturas: LS – Lavador seco; PES – Precipitador eletrostático; FM – Filtro de manga; DGC – dessulfuração de gases de combustão; MP – Material particulado (ou filtro de MP); LP – Lavador de partículas; RCS – Redução catalítica seletiva; SA – Sistema de secagem por atomização; ASA – Adsorção com sistema de secagem por atomização; RSNC – Redução seletiva não catalítica; DGC(vu) – Sistema úmido de dessulfuração de gases de combustão.

c) Links para outras estimativas de fontes de mercúrio

251. Nenhum link sugerido.

5.1.1.6 Principais dados específicos da fonte

252. Os dados específicos da fonte mais importantes nesse caso seriam:

- dados medidos ou dados de literatura sobre as concentrações de mercúrio na mistura específica de carvão (origem e tipo) queimado na usina;
- dados sobre a quantidade de cada tipo de carvão queimado na usina; e
- dados medidos sobre a eficiência do equipamento de redução de emissões utilizado na fonte (ou fontes semelhantes com equipamento e condições de operação muito semelhantes).

253. Veja também orientação sobre coleta de dados na Seção 4.4.5.

5.1.1.7 Resumo da abordagem geral de cálculo das liberações

254. A abordagem geral para calcular as liberações de mercúrio para cada via da combustão de carvão em grandes centrais térmicas segue no quadro abaixo, sendo que as liberações totais são a soma das liberações para cada via:

Fator de entrada (concentração de Hg nos tipos de carvão usados na usina)	*	**Taxa de atividade** (quantidade de cada tipo de carvão queimado por ano)	*	**Fator de distribuição** para cada via (por tipo de carvão e tipo de filtro utilizado)

5.1.2 OUTROS USOS DO CARVÃO

5.1.2.1 Descrição da subcategoria

255. Esta subcategoria compreende a combustão de carvão em pequenas usinas de combustão (geralmente com capacidade térmica das caldeiras menor que 300 MW), inclusive caldeiras/combustão industriais em diversos setores, centrais de aquecimento urbano, uso domiciliar de carvão e coque para aquecimento e cozinha, bem como produção e uso de coque (de carvão) para outros usos, como processos metalúrgicos.

256. De acordo com a *Community Strategy Concerning Mercury,* da Comunidade Europeia (European Commission, 2005), pequenas usinas térmicas e a queima doméstica de carvão também são fontes significativas de mercúrio. Em particular, instalações de pequeno porte de combustão foram identificadas, no contexto da UE, onde muitas usinas grandes são relativamente bem controladas, como mais um contribuinte importante para o problema do mercúrio, mas os dados disponíveis são escassos atualmente.

257. O coque é produzido do antracito ou lignita pela carbonização (aquecimento sob vácuo). Nos "fornos de coque", o carvão é colocado em grandes recipientes, que são submetidos a aquecimento externo de aproximadamente 1.000°C na ausência de ar. O coque é retirado e extinguido com água. Um dos principais usos do coque — pelo menos nos países industrializados — é na indústria metalúrgica (ferrosa e não ferrosa).

5.1.2.2 Principais fatores que determinam as liberações de mercúrio e saídas de mercúrio

Tabela 5-9 Principais liberações e meios receptores de "outras" combustões de carvão

Fase do ciclo de vida	Ar	Água	Solo	Produto	Resíduos em geral	Destinação/tratamento específico do setor
Outros usos do carvão	X		x	x	x	x

Notas: X – Via de liberação que se espera seja predominante na subcategoria.
x – Outras vias de liberação a serem consideradas em função da situação nacional e da fonte específica.

258. Os fatores básicos que determinam as liberações nas usinas menores de combustão de carvão (como caldeiras industriais) são semelhantes aos das grandes usinas a carvão descritos acima. No entanto, o uso de equipamento de depuração de gases de combustão é menos comum nas usinas pequenas e praticamente não existem na combustão domiciliar (COWI, 2002). Portanto, uma parcela maior de mercúrio do carvão é liberado no ar.

259. Para as fontes com nenhuma ou pouca tecnologia de controle, quase todo o mercúrio presente no carvão é suscetível de ser emitido para o ar. Na produção de calor e energia, a maior parte do mercúrio no carvão é liberado termicamente em forma gasosa durante o processo de combustão. Equipamentos pós-combustão para a dessulfuração de gás de combustão, retenção de NOx e retenção de partículas poderão, no entanto, ser utilizados em algumas das maiores instalações de combustão nesse grupo, retendo parte do mercúrio que de outra forma seria liberado. Além do teor de mercúrio no carvão utilizado, outros fatores, inclusive o tipo de carvão, a tecnologia de combustão e, especialmente, o tipo de sistema de depuração de gases de combustão utilizado (se empregado), determinam as quantidades liberadas de mercúrio e a distribuição da saída de mercúrio entre emissões atmosféricas, acúmulo na incineração de resíduos sólidos e resíduos da depuração de gases de combustão e liberações para a água (apenas indiretamente à água, em alguns tipos de tecnologias de depuração de gases de combustão) (COWI, 2002). Para as usinas de combustão maiores neste grupo, a tecnologia de

depuração de gases de combustão poderá ser semelhante àquelas das usinas térmicas com caldeiras de capacidade térmica maior que 300 MW descritas na Seção 5.1.1.

260. Em relação à produção de coque, as emissões atmosféricas podem ocorrer durante a carga e descarga do coque/carvão, bem como durante o aquecimento. Como as emissões não são liberadas por meio de uma chaminé, os fatores de emissão são difíceis de medir e são, portanto, sujeitos a incertezas. As liberações para a água podem ocorrer se os efluentes advindos da extinção ou lavagem úmida sejam descartados.

261. As saídas de mercúrio desta subcategoria são principalmente distribuídas entre 1) emissões atmosféricas e 2) acúmulo nos resíduos sólidos da incineração e nos resíduos da depuração de gases de combustão. Poderão também haver algumas liberações para a água (apenas por meio dos sistemas de tecnologias de depuração de gases de combustão ou pré-lavagem do carvão). Deve-se observar que, assim como outras deposições de resíduos que contêm mercúrio, resíduos sólidos da combustão de carvão provavelmente darão origem a futuras liberações de mercúrio em algum grau, dependendo do método de destinação ou uso final do resíduo e do nível de controle para minimizar as liberações de mercúrio no ar, água e solo ao longo de décadas.

262. Geralmente, para as fontes nesta subcategoria, mais da metade da entrada de mercúrio será provavelmente liberada com as emissões atmosféricas, enquanto que o restante deverá ser retido nos resíduos da depuração de gases de combustão (se existirem controles) e talvez um pouco na escória/cinzas residuais, dependendo do tipo de fonte.Para as caldeiras industriais e outras usinas térmicas, concentrações muito baixas de mercúrio provavelmente serão encontradas nas cinzas residuais. No entanto, no aquecimento doméstico, os níveis podem estar um pouco mais altos.

263. Para as usinas de combustão do carvão sem equipamentos de redução de emissões ou apenas com retenção das partículas maiores (retenção em PES), toda ou quase toda entrada de mercúrio será liberada diretamente na atmosfera. Isso ocorre porque a maior parte do mercúrio no gás de escape permanece na fase gasosa ou é adsorvido em pequenas partículas. Os filtros de manga e outros filtros de partículas de alta eficiência, que também retêm partículas pequenas, têm retido altas porcentagens de entradas de mercúrio sob determinadas condições.

5.1.2.3 Análise das entradas de mercúrio

Tabela 5-10 Visão geral dos dados da taxa de atividade e tipos de fatores de entrada de mercúrio necessários para estimar as liberações de outros usos do carvão

Processo	Dados de taxa de atividade necessários	Fator de entrada de mercúrio
Produção de coque	Quantidades de cada tipo principal de carvão processado	Concentração de mercúrio em cada tipo principal de carvão processado
Combustão do carvão	Quantidades de cada tipo principal de carvão queimado	Concentração de mercúrio em cada tipo principal de carvão queimado

264. Estimativas detalhadas do consumo nacional de diferentes tipos de combustíveis, em totais e por setor, estão disponíveis no site da Agência Internacional de Energia, http://www.iea.org/stats/. Para o carvão, o consumo é também distribuído entre os principais tipos de carvão: antracito, betuminoso (inclusive “carvão de coque”) e sub-betuminoso e lignita. No site da AIE, selecione país, “statistics” e “coal”).

265. Assim como com as grandes usinas a carvão, o mercúrio está presente como impureza no carvão. A concentração de mercúrio no carvão varia bastante em função do tipo de carvão, da origem do carvão e até mesmo dentro da mesma mina. Para mais exemplos de concentrações de mercúrio no carvão, veja a Seção 5.1.1 e a Tabela 5-4.

266. UNEP/AMAP (2012) trabalhou com fatores intermediários de entrada de mercúrio (fator de emissão inalterado) para usos que não sejam em centrais elétricas para os carvões antracito, betuminoso, sub-betuminoso de 0,15 g Hg/tonelada de carvão e 0,1 g Hg/tonelada para o lignita. Sua avaliação baseou-se em estudo da literatura (inclusive uma versão anterior deste Toolkit) e informações específicas dos países levantadas para aquele projeto.

267. Algumas usinas térmicas também queimam resíduos. Nesse caso, a estimativa da quantidade das emissões de mercúrio pode ser mais complicada. A concentração de mercúrio nos resíduos (se conhecida), junto à quantidade de resíduos queimados, e as informações sobre as tecnologias de controle poderão ser usadas para estimar as liberações de mercúrio advindas da combustão de resíduos (veja seção 5.8 sobre incineração de resíduos). Essa estimativa seria, então, adicionada à estimativa das liberações de mercúrio devido à combustão de carvão.

5.1.2.4 Exemplos de mercúrio em liberações e resíduos/rejeitos

268. As liberações de mercúrio das caldeiras de combustão não controladas e fontes semelhantes nesta subcategoria são principalmente (quase 100%) para o ar, na forma de mercúrio gasoso ou ligado a partículas finas (US EPA, 1997). Se a fonte tiver controles externos ou utiliza técnicas de lavagem de carvão, então parte do mercúrio se encaminhará para os resíduos e/ou água (consulte a Seção 5.1.1 para mais informações sobre liberações em vários controles e na lavagem de carvão).

269. A Tabela 5-4 apresenta as eficiências médias de retenção de mercúrio para os controles de poluição atmosférica utilizados na combustão do carvão e as taxas associadas de aplicação que UNEP/AMAP (2012) usaram em seus inventários. Os dados apresentados basearam-se em estudo da literatura e informações específicas dos países levantadas para aquele projeto.

Tabela 5-11 Taxas de retenção de mercúrio e perfil de aplicação desenvolvidos por UNEP/AMAP (2012)

	Taxas intermediárias de retenção de mercúrio, por tipo de carvão (%)		Grau de aplicação (%), por grupo de país ***1**				
Controles de poluição atmosférica (CPA)	Antracito, betuminoso	Sub-betuminoso, lignita	1	2	3	4	5
Uso industrial (combustão)							
Nível 0: Nenhum	0,0	0,0			25	50	75
Nível 1: CPA simples para material particulado: PES/LP/CIC	25,0	5,0	25	25	50	50	25
Nível 2: Material particulado (FM)	50,0	50,0	25	50	25		
Nível 3: CPA eficiente: MP+ASA/DGC (vu)	50,0	30,0	25	25			
Nível 4: CPA muito eficiente: MP+DGC+RSC	90,0	20,0	25				
Nível 5: Específico para mercúrio	97,0	75,0					
Outra combustão de carvão							
Nível 0: Nenhum	0,0	0,0	50	50	100	100	100
Nível 1: CPA simples para material particulado: PES/LP/CIC	25,0	5,0	50	50			

Notas: *1: UNEP/AMAP (2012) distribuiu os países em cinco grupos com base no seu nível de desenvolvimento no que diz respeito à redução de mercúrio, sendo os mais desenvolvidos o grupo 1 e os menos, grupo 5. Consulte as referências para mais informações sobre o agrupamento.

Abreviaturas: CPA – Controles de poluição atmosférica; CIC – ciclones; PES – Precipitador eletrostático; FM – Filtro de manga; DGC – dessulfuração de gases de combustão; MP – Material particulado (ou filtro de MP); LP – Lavador de partícula; RSC – Redução catalítica seletiva; ASA – Adsorção com sistema de secagem por atomização; DGC (vu) – Sistema úmido de dessulfuração de gases de combustão.

270. Para a produção do coque, espera-se que todas, ou quase todas, entradas de mercúrio sejam emitidas para a atmosfera durante a produção em si (COWI, 2002). US EPA (1997a) menciona fatores de emissão atmosférica do mercúrio em instalações alemãs de 0,01–0,03 g mercúrio/tonelada produzida de coque. Se for utilizado o carvão pré-lavado (como é caso nos EUA), as emissões atmosféricas poderão ser um pouco mais baixas (cerca de 21% menos), já que parte do mercúrio é retirado com a lavagem e tratado ou depositado de outras formas (COWI, 2002).

5.1.2.5 Fatores de entrada e fatores de distribuição de saídas

271. Com base nos exemplos até agora compilados das concentrações de mercúrio no carvão e nas informações sobre a eficiência do sistema de redução de emissões acima, os seguintes fatores-padrão de entrada e distribuição são sugeridos para uso nos casos onde dados específicos da fonte não estejam disponíveis. Sublinha-se que os fatores-padrão sugeridos no presente Toolkit baseiam-se num banco de dados limitado e como tal, devem ser considerados sujeitos a revisões à medida que se amplie o banco de dados. Ademais, os fatores-padrão apresentados baseiam-se apenas em dados resumidos.

272. O principal motivo de usarem-se os fatores-padrão é obter uma primeira impressão para saber se a subcategoria é uma fonte significativa de liberação de mercúrio no país. Em princípio, as estimativas de liberação teriam que ser mais aprimoradas (após o cálculo com fatores-padrão) antes que qualquer ação de largo alcance fosse empreendida com base nestas estimativas.

273. Considerando a grande variação apresentada acima, tanto na concentração de mercúrio no carvão quanto na eficiência dos sistemas de redução de emissões do mercúrio, o uso de dados específicos da fonte será sempre preferível, se viável. Consulte a Seção 4.4.5 para orientação sobre coleta de dados.

a) Fatores-padrão de entrada de mercúrio

274. Os dados reais sobre os níveis de mercúrio na composição do determinado carvão utilizado conduzirão às melhores estimativas de liberações. No caso de não haver dados para o carvão utilizado, poderão ser usados os valores médios ou faixas dos dados de tipos semelhantes de carvão (veja exemplos na Tabela 5-4descrita acima).

275. Se não houver informações disponíveis sobre a concentração de mercúrio nos concentrados utilizados na fase de extração, uma primeira estimativa poderá ser realizada usando os fatores-padrão de entrada selecionados na Tabela 5-12 abaixo (com base nos conjuntos de dados apresentados nesta seção). Como as concentrações variam muito, recomenda-se calcular e informar intervalos para as entradas de mercúrio nesta categoria de fonte. O limite inferior dos fatores-padrão foram estabelecidos para indicar uma estimativa baixa para a entrada de mercúrio para a categoria de fonte (mas não o mínimo absoluto), e o limite superior resultará numa estimativa elevada (mas não o máximo absoluto). O valor médio é usado no Toolkit do Inventário Nível 1. Se intervalos não forem usados, o emprego do valor máximo proverá a indicação mais segura da possível importância da categoria de fonte para outras investigações. O uso do limite superior não implica automaticamente que as verdadeiras liberações sejam tão altas assim, apenas que deverá ser objeto de mais investigações.

Tabela 5-12 Fatores-padrão de entrada para mercúrio no carvão para a produção de energia em instalações industriais e outras

Material	Fatores-padrão de entrada; g mercúrio por tonelada de carvão seco; (inferior, superior e intermediário)
Lignita	0,05-0,2 (0,1)
Outros carvões	0,05-0,5 (0,15)

b) Fatores-padrão de distribuição de saídas de mercúrio

276. Para a produção de coque, 100% das entradas de mercúrio no carvão deverão, como norma, ser consideradas liberadas para a atmosfera durante o processo de coqueificação (na ventilação do forno).

277. Para a combustão de carvão, os fatores-padrão de distribuição de saídas de mercúrio estão sugeridos na Tabela 5-13 a seguir.

Tabela 5-13 Fatores-padrão de distribuição de saídas de mercúrio da combustão do carvão em instalações industriais e outras

Dispositivo de redução de emissões	Fatores de distribuição, parcela da entrada de Hg					
	Ar	Água	Solo *2	Produtos	Resíduos em geral *2	Destinação/tratamento específico do setor *2
Lavagem de carvão * 1		0,01	?	0,8 (no carvão a ser queimado)		0,19
Combustão de antracito e betuminoso em instalações industriais						
Nível 0: Nenhum	1					
Nível 1: CPA simples para material particulado: PES/LP/CIC	0,75					0,25
Nível 2: Material particulado (FM)	0,5					0,5
Nível 3: CPA eficiente: MP+ASA/DGC-úmido	0,5	?				0,5
Nível 4: CPA muito eficiente: MP+DGC+RSC	0,1					0,9
Nível 5: Específico para mercúrio	0,03					0,97
Combustão de sub-betuminoso e lignita em instalações industriais						
Nível 0: Nenhum	1					
Nível 1: CPA simples para material particulado: PES/LP/CIC	0,95					0,05
Nível 2: Material particulado (FM)	0,5					0,5
Nível 3: CPA eficiente: MP+ASA/DGC-úmido	0,7	?				0,3
Nível 4: CPA muito eficiente: MP+DGC+RSC	0,8					0,2
Nível 5: Específico para mercúrio	0,25					0,75
Outras combustões de antracito e betuminoso						
Nível 0: Nenhum	1					
Nível 1: CPA simples para material particulado: PES/LP/CIC	0,75					0,25
Nível 0: Nenhum	1					
Nível 1: CPA simples para material particulado: PES/LP/CIC	0,95					0,05

Notas: *1 Se o carvão for lavado, a entrada de mercúrio para a combustão é a saída calculada para "produtos" da lavagem do carvão. As saídas para água podem ocorrer se todo o mercúrio na água da lavagem não for retido nos resíduos.

*2 Se os resíduos não forem depositados com cuidado, o mercúrio nos resíduos poderá ser considerado liberado para o solo.A destinação específica do setor poderá incluir destinação em aterro de segurança, destinação em aterros especiais sem prevenção de lixiviação e uso mais difuso na construção de estradas ou outras obras. A verdadeira distribuição para destinação nos resíduos em geral (aterros comuns) e para deposição específica do setor provavelmente vai variar muito entre países, e informações específicas sobre os procedimentos locais de destinação devem ser levantadas.

Abreviaturas: CIC – Ciclones; LS – Lavador seco; PES – Precipitador eletrostático; FM – Filtro de manga; DGC – dessulfuração de gases de combustão;MP – Material particulado (ou filtro de MP); LP – Lavador de partícula; RSC – Redução catalítica seletiva; SA – Sistema de secagem por atomização; ASA – Adsorção com sistema de secagem por atomização; RSNC – Redução seletiva não catalítica; DGC (vu) – Sistema úmido de dessulfuração de gases de combustão.

c) Links para outras estimativas de fontes de mercúrio

278. Nenhum link sugerido.

5.1.2.6 Principais dados específicos da fonte

279. Os dados específicos da fonte mais importantes nesse caso seriam:

- dados medidos ou dados de literatura sobre as concentrações de mercúrio na mistura consumida de carvão na fonte;
- dados sobre a quantidade de cada tipo de carvão queimado na usina; e
- dados medidos sobre equipamento de redução de emissões utilizado na fonte (ou fontes semelhantes com equipamento e condições de operação semelhantes).

280. Veja também orientação sobre coleta de dados na seção 4.4.5.

5.1.2.7 Resumo da abordagem geral de cálculo das liberações

281. A abordagem geral para calcular as liberações de mercúrio para cada via de outra combustão de carvão segue no quadro abaixo, sendo que as liberações totais são a soma das liberações para cada via:

Fator de entrada (concentração de Hg nos tipos de carvão usados na usina)	*	**Taxa de atividade** (quantidade de cada tipo de carvão queimado por ano)	*	**Fator de distribuição** para cada via (por tipo de carvão e tipo de filtro utilizado)

5.1.3 EXTRAÇÃO, REFINO E USO DE ÓLEO MINERAL

5.1.3.1 Descrição da subcategoria

282. Esta seção inclui extração, refino e usos de óleos minerais (também chamados de "óleos de petróleo" ou "óleos" neste documento). Esta subcategoria inclui a combustão de óleo para prover energia, calor, transporte e outros usos, como, por exemplo, asfalto de estradas (betume), síntese de produtos químicos, produção de polímeros, lubrificantes e produção de carbono negro (pigmentos pretos). Como outros materiais naturais, o óleo mineral contém pequenas quantidades de impurezas naturais de mercúrio, que são mobilizadas para a biosfera durante a extração e uso. As concentrações de mercúrio no óleo podem variar extensivamente, dependendo da geologia local. Além do mercúrio naturalmente presente no óleo, outra entrada de mercúrio para extração de óleo vem do uso de certos tipos de lama de perfuração.

283. Sabe-se que a extração do petróleo pode causar liberações significativas de mercúrio, e o foco tem-se dirigido às liberações de mercúrio nesse setor nos últimos anos. O mercúrio pode ser liberado no ar, solo ou água durante a extração, refino, e também por meio dos produtos e subprodutos de refinaria e diversos resíduos e lamas de processo.

284. A combustão de derivados de petróleo libera mercúrio principalmente no ar na forma de emissões atmosféricas. Geralmente não se usam sistemas de redução de poluição atmosférica nas instalações de combustão de óleo (algumas unidades grandes de combustão para óleo podem conter equipamento de redução de emissões).

285. Nas refinarias, o petróleo bruto é separado por destilação (e craqueamento) em diversos derivados refinados, inclusive gasolina/petróleo, diesel, combustíveis para aviação, querosene, gás liquefeito de petróleo (como propano), destilados (diesel, gasolina e combustíveis de aviação) e "residuais". As refinarias removem uma parte das impurezas do óleo bruto, como enxofre, nitrogênio e metais. Há

diversos tipos de óleo combustível derivados do petróleo bruto. Os dois grupos principais são óleo combustível pesado (também chamado de óleo residual) e óleo combustível leve (conhecido como óleos de destilado). Esses óleos são classificados ainda em diversos graus, como graus 1 e 2 (tipos de óleos destilados) e graus 4, 5 e 6 (óleos residuais)(US EPA, 1997a; US EPA, 2003b). Os diferentes derivados de petróleo são separados por meio de destilação, fazendo uso dos diferentes pontos de ebulição dos constituintes do petróleo bruto. O propano e a gasolina são exemplos de produtos com baixos pontos de ebulição;óleo diesel/gás e querosene têm pontos de ebulição um pouco mais altos. O óleo combustível pesado tem elevado ponto de ebulição, e o betume ("asfalto") e o coque de petróleo são exemplos das frações de mais alto ponto de ebulição (ou resíduo).

286. Em princípio, o mercúrio deveria seguir os destilados com pontos de ebulição mais próximos do ponto de ebulição do mercúrio, mas dados mostram uma distribuição mais ampla. As diferenças nas concentrações de mercúrio nos óleos combustíveis de insumo podem influenciar de forma significativa o teor de mercúrio nos derivados refinados de petróleo.

5.1.3.2 Principais fatores que determinam as liberações de mercúrio e saídas de mercúrio

Tabela 5-14 Principais liberações e meios receptores durante o ciclo de vida da extração, refino e uso dos óleos minerais

Fase do ciclo de vida	Ar	Água	Solo	Produto	Resíduos em geral	Destinação/tratamento específico do setor
Extração	X	X	x	x		
Refino	X	x	x	x	x	x
Combustão	X					
Outros Usos						

Notas: X – Via de liberação que se espera seja predominante na subcategoria.
x – Outras vias de liberação a serem consideradas em função da situação nacional e da fonte específica.

Da extração e refino de petróleo

287. Um fator importante que determina as liberações de mercúrio nesta subcategoria é a concentração de mercúrio no petróleo bruto.

288. O mercúrio pode ser liberado no ar, solo ou água a partir do processo de extração, durante o refino ou outros processos. O mercúrio também pode ser liberado por subprodutos da refinaria ou derivados e diversos resíduos e lamas de processo.

289. Embora um tipo de lama de perfuração contenha mercúrio como já mencionado, não existem dados neste Toolkit para calcular essas liberações.

Da combustão do petróleo

290. Os fatores mais importantes que determinam as liberações das fontes de combustão do petróleo são os níveis de mercúrio no petróleo e a quantidade de combustível queimado. A principal via de liberação para essas fontes é o ar. Como todo o combustível é exposto a temperaturas de chama elevadas, praticamente todo o mercúrio contido no óleo combustível irá evaporar e sair da câmara de combustão com os gases de combustão. A não ser que esses gases de combustão sejam expostos a sistemas de baixa temperatura de controle de poluição atmosférica e a sistemas eficientes de controle de MP, que geralmente não são encontrados nessas unidades, o mercúrio será liberado na fase de vapor através da chaminé de combustão (US EPA, 1997a).

5.1.3.3 Análise das entradas de mercúrio

Tabela 5-15 Visão geral dos dados de taxa de atividade e tipos de fatores de entrada de mercúrio necessários para calcular as liberações da extração, refino e uso dos óleos minerais

Fase do ciclo de vida	Dados de taxa de atividade necessários	Fator de entrada de mercúrio
Refino	Quantidade de entrada de petróleo bruto	Concentração de mercúrio na mistura utilizada de petróleo bruto
Uso	Quantidade de cada tipo de óleo	Concentração de mercúrio em cada tipo de óleo queimado/usado

291. Estimativas detalhadas do consumo nacional de diferentes tipos de combustíveis, em totais e por setor, estão disponíveis no site da Agência Internacional de Energia, http://data.iea.org/stat/.

Concentração de mercúrio no petróleo bruto

292. Pirrone et al. (2001) relatam uma concentração média geral de 10 ppb no petróleo bruto, mas com alguns valores tão elevados como 30.000 ppb.

293. A Tabela 5-16 a seguir apresenta dados de Wilhelm (2001), Wilhelm et al. (2007), PAJ (2012), Lassen et al. (2004) e IPIECA (2012), organizados por país ou região. Os valores são as médias dos dados de diversos campos petrolíferos. Dos valores apresentados na tabela, a média é de 163 mg Hg/tonelada, a mediana é 2,3, o percentil 10 é 0,85 e o percentil 90 é 66 mg Hg/tonelada.

294. As concentrações medidas de mercúrio no petróleo bruto estão resumidas na Tabela 5-15. A tabela ilustra a grande variação das concentrações de mercúrio no petróleo. No entanto, os valores excessivamente altos podem ser representados por relativamente poucos campos. Por exemplo, Wilhelm and Bigham (2002) observam que amostras de um pequeno campo na Califórnia, responsável por 0,2 % do petróleo bruto processado nos EUA, com uma concentração de mercúrio extremamente alta, estão incluídas em diversos conjuntos de dados citados por Wilhelm, 2001 e apresentadas na Tabela 5-15. Wilhelm and Bigham (2002) afirmam que, se as amostras deste campo forem excluídas, o valor médio informado em cada caso diminuiria até 1000 vezes para os três conjuntos de dados com valores médios excessivamente altos (os conjuntos de dados de Shah et al.,1970, Filby and Shah, 1975 sobre "EUA e importações").

295. Para os dados sobre teor de mercúrio em petróleo bruto nos países da CEI a partir de Lassen et al. (2004), a média é calculada dos valores médios das amostras de cada um dos 42 campos petrolíferos analisados. O valor médio para todo o conjunto de dados foi de 300 ppb, onde a média para 9 campos russos foi de 180 ppb. Os autores do relatório indicaram que o conjunto de dados pode ser tendencioso para amostras com teor de mercúrio relativamente alto, já que muitas das análises foram feitas a fim de estudar a presença de mercúrio em regiões, principalmente na Ásia Central, com concentração relativamente alta de mercúrio.

Tabela 5-16 Exemplos de concentrações de mercúrio em petróleo bruto por país ou região

País/região	Concentração média de mercúrio, mg/tonelada				
	Wilhelm et al., 2007	PAJ, 2012	Wilhelm, 2001 *1	Lassen et al., 2004	IPIECA, 2012 *2
Angola	1,6	1			
Arábia Saudita	0,9	1,5			
Argélia	13,3				
Argentina	16,1				

País/região	Concentração média de mercúrio, mg/tonelada				
	Wilhelm et al., 2007	PAJ, 2012	Wilhelm, 2001 *1	Lassen et al., 2004	IPIECA, 2012 *2
Austrália	0,8	2,3			
Azerbaijão		1			
Brasil	1,1				
Brunei		2,6			
Canadá			22		
"Refinarias canadenses"			1,6		
"Canadá e importações"			8		
Catar		2			
Chade	1,2				
China		6,5			
Colômbia	3,4				
Costa do Marfim	0,3				
EAU		1,7			
Equador	1,8				
EUA	4,3	3,6			
"EUA e importações"			3200		
"EUA e importações"			5803		
Estados dos EUA:					
AK	3,7				
CA	11,3				
GOM	2,1				
LA	9,9				
MT	3,1				
OK	1,4				
TX	3,4				
UT	2,2				
WY	2,7				
"Refinarias de NJ"			3,5		
"Refinarias da costa oeste"			65		
Filipinas		2			
Gabão	0,5	1			
Guiné	0,3				
Indonésia		65,1			
Irã		2,1			
Iraque	0,7	0,7			
Kuwait	0,8	1			
Líbia			3,1		
Nigéria	1,8	3			
Norte da África	13,3				
Noruega	19,5	1			

País/região	Concentração média de mercúrio, mg/tonelada				
	Wilhelm et al., 2007	PAJ, 2012	Wilhelm, 2001 *1	Lassen et al., 2004	IPIECA, 2012 *2
Omã		1,5			
RU	3,6				
Sudão		34			
Tailândia	593,1				
Venezuela	4,2				
Vietnã	66,5	48,6			
“Ásia"*3			<1		
"Países da CEI"				300	

Notas: *1: Citando: Tao et al., 1998; Duo et al., 2000; Musa et al., 1995; Liang et al., 2000; Morris, 2000; Cao, 1992; Hitchon and Filby, 1983; Magaw et al., 1999; Bloom, 2000; Shah et al., 1970; Filby and Shah, 1975.

*2: Média ponderada de produção, na forma calculada por IPIECA (2012); dois campos petrolíferos foram informados ter 400 e 600 ppb, respectivamente, enquanto que os outros campos têm<10 ppb Hg.

*3: Considerado 1 nas estatísticas.

296. IPIECA (2012), a associação mundial da indústria de petróleo e gás para questões ambientais e sociais, produziu um levantamento para uso nas negociações do tratado global de mercúrio de 446 amostras de petróleo de diversos membros em todo o mundo. A variação de concentração de mercúrio nas amostras era de 0,1-1.000 ppb. A maioria das observações, no entanto, estava abaixo de 2 ppb de mercúrio no petróleo, e a mediana era 1,3 ppb; a média não foi informada.

297. Com base em dados de PAJ (2012) na **Tabela 5-16**, PAJ relatou uma concentração média ponderada de mercúrio na produção de 5,7 ppb.

298. UNEP/AMAP (2012) calculou uma concentração média ponderada de mercúrio na produção de petróleo bruto de 3,4 mg/tonelada de petróleo com base nos dados de concentração de Wilhelm et al. (2007) e PAJ (2012) apresentada na **Tabela 5-16** descrita acima (a unidade *ppb*, em base de peso, equivale a mg/tonelada).

Concentrações de mercúrio em produtos refinados do petróleo

299. Dados sobre as concentrações de mercúrio em diversos produtos refinados do petróleo, compilados por Wilhelm (2001), estão apresentados na **Tabela 5-17.**

Tabela 5-17 Concentrações de mercúrio em produtos refinados de petróleo(com base em Wilhelm, 2001)

Tipo	Média (ppb)	Intervalo (ppb)	Desvio-padrão	Número de amostras	Referências *1	Notas
Querosene	0,04	0,04	NI	1	Liang et al., 1996	EUA
Asfalto	0,27	NI	0,32	10	Bloom, 2000	EUA
Diesel	0,4	0,4	NI	1	Liang et al., 1996	EUA
Óleo de aquecimento	0,59	0,59	NI	1	Liang et al., 1996	EUA
Óleo combustível para serviços públicos	0,67	NI	0,96	32	Bloom, 2000	EUA
Gasolina	0,7	0,22-1,43	NI	5	Liang et al., 1996	EUA

Tipo	Média (ppb)	Intervalo (ppb)	Desvio-padrão	Número de amostras	Referências *1	Notas
Destilados leves	1,32	NI	2,81	14	Bloom, 2000	EUA
Gasolina	1,5	0,72-1,5	NI	4	Liang et al., 1996	Estrangeiro
Diesel	2,97	2,97	NI	1	Liang et al., 1996	Estrangeiro
Óleo combustível residencial	4	2-6		6	EPA, 1997b	
Nafta	15	3-40	NI	4	Olsen et al., 1997	
Nafta	40	8-–60	NI	3	Tao et al., 1998	Asiático
Coque de petróleo	50	0-250	NI	1000	US EPA, 2000	EUA
Óleo combustível destilado	120			3	US EPA, 1997b	EUA

Notas: *1 Todas as referências citadas por Wilhelm (2001). NI: Não informado.

300. UNEP/AMAP (2012) utiliza os chamados “fatores de emissão inalterados” (equivalente a fatores de entrada) para a combustão em centrais elétricas de 10, 20 e 2 mg/tonelada para petróleo bruto, óleo combustível pesado e óleo combustível leve, respectivamente.

301. Dados sobre concentrações de mercúrio em tipos selecionados de óleos nos EUA (US EPA, 1997a) estão apresentados na Tabela 5-18.

Tabela 5-18 Concentrações de mercúrio (em ppm peso) em diversos tipos de óleos usados nos EUA (US EPA, 1997a)

Óleo combustível	Número de amostras	Intervalo (ppm peso)	Valor típico
Residual nº. 6	?	0,002-0,006	0,004 ***1**
Destilado nº. 2	?	?	<0,12 ***2**
Bruto	46	0,007-30	3,5 ***3**

Notas: *1 Ponto médio do intervalo de valores.

*2 Média dos dados de três locais.

*3 A média de 46 pontos de dados foi 6,86; se o único valor de ponto de 23,1 for eliminado, a média baseada nos 45 pontos de dados restantes será de 1,75. Entretanto, o maior estudo com 43 pontos de dados teve uma média de 3,2 ppmwt. Um valor acordado de 3,5 ppmwt foi selecionado como o melhor valor típico.

Referências: Brooks, 1989; Levin, 1997; Chu and Porcella, 1994.

5.1.3.4 Exemplos de mercúrio em liberações e resíduos/rejeitos

Extração e refinação

302. Em geral, estudos que mostram o destino do mercúrio advindo da extração e refino do petróleo são escassos.

303. Os fluxos de mercúrio mais importantes, em termos quantitativos, advindos das plataformas *offshore* são os fluidos de perfuração e a água produzida. Quase todo o mercúrio em lamas de perfuração está associado à barita. Essencialmente, todos os sistemas de produção empregam separadores para realizar a separação da fase primária, para que a água produzida possa ser destinada. Vários estágios de separação são comuns ao transportar petróleo e gás para uma usina de processamento. Estes incluem misturas de líquidos de hidrocarbonetos, gás e água produzida (WILHELM, 2001). O mercúrio na água produzida está descrito em mais detalhes no item sobre gás natural.

304. Wilhelm (2001) presume que a queima de combustíveis representa a via principal de emissão das refinarias de petróleo e estima que as emissões atmosféricas totais de mercúrio advindas das refinarias nos EUA em 1999 não são mais do que 1.850 kg, ou cerca de 23% do mercúrio no petróleo bruto processado As liberações totais para as águas residuais foram estimadas em 250 kg, que corresponde a 3% da entrada total, enquanto que cerca de 15% foram presumidos acabar nos resíduos sólidos. De acordo com o relatório, a maior parte do mercúrio vai parar nos produtos petrolíferos; especialmente coque de petróleo e óleos pesados. Dados mais recentes mostram que a quantidade total de mercúrio processada nas refinarias nos EUA é de aproximadamente 3 toneladas (WILHELM et al., 2007), mas não há dados novos sobre emissões de refinarias.

305. Foi relatado que dos 19kg de mercúrio no petróleo bruto da maior refinaria do estado de Minesota (EUA), 23% foram liberados da refinaria, 24% terminaram num produto de enxofre vendido como *commodity* e apenas 13% do mercúrio acabou nos produtos petrolíferos (MPCA, 2008). Não há informações sobre os restantes 16%.

306. Resumos de balanço de massa para as refinarias da Bay Area de São Francisco mostram que dos 224 kg contidos no petróleo bruto, cerca de 8% foram liberados no ar, 13% acabaram nos produtos petrolíferos, inclusive coque de petróleo, 0,4% terminou em águas residuais e o restante foi destinado junto com os resíduos da refinaria (WSPA, 2009).

307. De acordo com a Associação de Petróleo do Japão (PAJ, 2012), um fator de distribuição de saídas de mercúrio para o ar de 0,25 (25%) “parece bastante preciso”.

Combustão e outros usos

308. De maneira geral, presume-se que no uso do óleo na combustão, 100% da entrada de mercúrio dos produtos utilizados poderãoser considerados liberadosno ar. Podem haver exceções, como sistemas de combustão equipados com sistemas de depuração de gases de combustão utilizados sob condições que favoreçam a oxidação do mercúrio presente nos gases de combustão (com base na experiência dos sistemas de combustão a carvão), ou outros sistemas usados para retenção de mercúrio.

309. Os três tipos de medidas de controle aplicadas a fornos e caldeiras que usam queima de carvão são modificações da caldeira, substituição do combustível e depuração de gases de combustão. Apenas a substituição do combustível e os sistemas de depuração de gases de combustão poderão afetar as emissões de mercúrio. A substituição de combustível é usada sobretudo para reduzir as emissões de dióxido de enxofre (SO_2) e óxidos de nitrogênio (NO_x). No entanto, se os combustíveis substituídos tiverem menores concentrações de mercúrio, a substituição também reduzirá as emissões de mercúrio. Dado que as emissões de material particulado a partir de unidades com queima de petróleo são geralmente bem menores que aquelas a carvão, raras vezes se empregam sistemas de controle de partículas de alta eficiência em sistemas com combustão de petróleo.

310. Nos EUA, o equipamento de depuração de gases de combustão é normalmente usado apenas em grandes caldeiras de petróleo. Coletores mecânicos, um tipo comum de dispositivo de controle nos EUA, são úteis principalmente no controle de partículas geradas durante o processo de sopragem de fuligem, em condições anormais ou quando se queima petróleo muito sujo e pesado. Durante essas situações, coletores ciclônicos de alta eficiência podem alcançar um controle das partículas de 85%, mas nos coletores mecânicos se espera controle insignificante do mercúrio. Os precipitadores eletrostáticos (PES) são utilizados em algumas centrais elétricas a óleo. Com base em dados de testes em duas usinas à base de petróleo, US EPA informa que a remoção do mercúrio em caldeiras equipadas com PES foi de 42-83% (US EPA, 1997a). Sistemas de depuração foram instalados nas caldeiras a petróleo para controlar tanto os óxidos de enxofre

quanto partículas. Semelhantes aos sistemas utilizados na combustão de carvão, esses sistemas podem atingir eficiência de controle das partículas de 50-90% (US EPA, 1997a). Como resfriam os gases, pode-se obter algum controle de mercúrio, mas não existem dados sobre a porcentagem de mercúrio retirado.

311. A única saída significativa de emissões atmosféricas de mercúrio das operações de combustão de óleo combustível é por meio da chaminé de gases de escape.Nos EUA foram utilizados três tipos de informações para desenvolver fatores de emissão para a combustão de óleo. Em primeiro lugar, foram usados dados sobre o poder calorífico do óleo combustível e o teor de mercúrio dos óleos combustíveis para elaborar fatores de emissão por balanço de massa, presumindo, de maneira conservadora, que todo o mercúrio queimado com o óleo combustível tenha sido liberado através da chaminé. Segundo, foram avaliados os fatores de emissão desenvolvidos para a combustão de petróleo residual e destilado e para a combustão de óleos residuais. Em terceiro lugar, os dados de provas de taxas de emissão foram avaliados e resumidos (US EPA, 1997a).

312. Após as análises dos dados disponíveis, o US EPA estimou os "melhores fatores típicos" de emissão do mercúrio na combustão de óleos dos EUA. Esses fatores estão apresentados na Tabela 5-17. Consulte US EPA (1997a) para mais informações sobre os dados e cálculos

313. Os fatores de emissão para petróleo bruto, residual e destilado apresentados na Tabela 5-19se referem a emissões "não controladas". Os dados foram considerados insuficientes para desenvolver fatores de emissão controlada para a queima do óleo combustível. Há considerável nível de incerteza nessas estimativas de fatores de emissão devido à variabilidade das concentrações de mercúrio em óleo combustível, ao banco de dados incompleto sobre óleos destilados e à incerteza na amostragem e análise para detecção de mercúrio (US EPA, 1997a). Portanto, esses fatores de emissão devem ser usados com cautela e podem não ser apropriados para se usar com uma usina específica. Ademais, para estimar as liberações de usinas à base de petróleo em outros países, seria preferível utilizar dados específicos da usina ou do país em vez de depender de dados e fatores de emissão dos EUA.

Tabela 5-19 Os "melhores típicos" fatores de emissão atmosférica do mercúrio para a combustão de óleo combustível nos EUA, com base nas análises de US EPA (US EPA, 1997a)

Tipo de óleo combustível	Fatores calculados de emissão de mercúrio		
	kg/10^{15} J	g/tonelada de óleo combustível	g/10^3 L de óleo combustível
Residual nº. 6	0,2	0,009	0,0085
Destilado nº. 2	2,7	0,12	0,10
Bruto	41	1,7	1,7

314. UNEP/AMAP (2012) trabalhou com taxas de retenção de mercúrio de 50% para a combustão de petróleo em centrais elétricas equipadas com PES por via seca e dessulfuração dos gases de combustão e 10% para a combustão de petróleo em instalações industriais com PES de via seca ou com depuradores de gases de combustão.

5.1.3.5 Fatores de entrada e fatores de distribuição de saídas

315. Com base nas informações compiladas acima sobre as entradas e saídas e os principais fatores que determinam as liberações, os seguintes fatores-padrão preliminares de entrada e distribuição são sugeridos para uso naqueles casos em que não existam dados específicos da fonte. Sublinha-se que os fatores-padrão sugeridos no presente Toolkit baseiam-se num

banco de dados limitado e, como tal, devem ser considerados sujeitos a revisões à medida que se amplie o banco de dados. Em muitos casos, o cálculo dos intervalos de liberações dará uma estimativa mais apropriada das verdadeiras liberações.

316. O principal motivo de usarem-se os fatores-padrão é obter uma primeira impressão para saber se a subcategoria é uma fonte significativa de liberação de mercúrio no país.Em princípio, as estimativas de liberação teriam que ser mais aprimoradas (após o cálculo com fatores-padrão) antes de qualquer ação de largo alcance fosse empreendida com base nestas estimativas.

a) Fatores-padrão de entrada de mercúrio para uso de óleo

317. A entrada de mercúrio pode ser calculada multiplicando-se a concentração de mercúrio contida no derivado de petróleo em questão com a quantidade de entrada deste mesmo produto. Os dados reais sobre os níveis de mercúrio na composição do determinado carvão utilizado conduzirão às melhores estimativas de liberações.

318. Se não houver informações disponíveis sobre a concentração de mercúrio no óleo usado, uma primeira estimativa poderá ser realizada utilizando os fatores-padrão de entrada da tabela a seguir(com base nos conjuntos de dados apresentados nesta seção). Como as concentrações variam muito, recomenda-se calcular e informar intervalos para as entradas de mercúrio nesta categoria de fonte. O limite inferior dos fatores-padrão foram estabelecidos para indicar uma estimativa baixa para a entrada de mercúrio para a categoria de fonte (mas não o mínimo absoluto), e o limite superior resultará numa estimativa elevada (mas não o máximo absoluto). O valor médio é usado no Toolkit do Inventário Nível 1. Se intervalos não forem usados, o emprego do valor máximo proverá a indicação mais segura da possível importância da categoria de fonte para outras investigações. O uso do limite superior não implica automaticamente que as verdadeiras liberações sejam tão altas assim, apenas que deverá ser objeto de mais investigações.

319. No caso dos produtos refinados de petróleo, é necessário ressaltar que a concentração de mercúrio no petróleo bruto utilizado como matéria-prima poderia talvez influenciar a concentração de mercúrio no produto refinado mais do que o ponto de ebulição (“peso”) do tipo de derivado em questão.

Tabela 5-20 Fatores-padrão de entrada para mercúrio em petróleo bruto e diversos derivados do petróleo

Derivado de petróleo	Fatores-padrão de entrada; mg mercúrio por tonelada de óleo (=ppmwt); (inferior, superior, (intermediário))
Petróleo bruto	1-66 (3,4)
Gasolina, diesel, óleo combustível destilado, querosene e outros destilados leves	1-10 (2)
Coque de petróleo e óleo pesado	10-100 (20)

b) Fatores-padrão de distribuição de saídas de mercúrio

Tabela 5-21 Fatores-padrão de distribuição de saídas para mercúrio da extração, refino e usos do petróleo

Fase do ciclo de vida	Fatores de distribuição, parcela da entrada de Hg					
	Ar	Água	Solo	Produtos *2	Resíduos em geral *3	Destinação/tratamento específico do setor *3
Extração *1	?	0,2	?	-	?	?
Refino (fração de mercúrio no petróleo bruto para as refinarias)	0,25	0,01	?	-		0,25

Fase do ciclo de vida	Fatores de distribuição, parcela da entrada de Hg					
	Ar	Água	Solo	Produtos *2	Resíduos em geral *3	Destinação/tratamento específico do setor *3
Usos (fração de mercúrio nos derivados de petróleo)						
Unidade de combustão de óleo com controle de MP utilizando PES ou lavador	0,9				0,1	
Central elétrica com (c) PES e DGC	0,5					0,5

Notas: *1 Algum mercúrio poderá ser liberado pela extração de óleos. Se houver dados específicos, estes devem ser usados para estimar as liberações de mercúrio durante a extração.

*2 A saída de mercúrio nos produtos é calculada em separado para o uso desses produtos.

*3 A quantidade de fato que termina nos resíduos depende das técnicas de limpeza empregadas.

Abreviaturas: (c) PES – Precipitador eletrostático (via úmida); DGC – Dessulfuração de gases de combustão; MP – Material particulado (poeiras).
Para as centrais elétricas, considera-se a deposição específica do setor para os resíduos sólidos dos gases de combustão, enquanto que para outras instalações de combustão, considera-se a deposição com resíduos em geral.

c) Links para outras estimativas de fontes de mercúrio

320. Nenhum link sugerido.

5.1.3.6 Principais dados específicos da fonte

321. Os dados específicos da fonte mais importantes nesse caso seriam:

- dados medidos ou dados de literatura sobre as concentrações de mercúrio nos tipos de petróleo extraído, refinado e utilizado na fonte;
- quantidade de cada tipo de petróleo extraído, refinado e usado; e
- dados medidos sobre equipamento de redução de emissões utilizado nas fontes (ou fontes semelhantes com equipamento e condições de operação semelhantes).

322. Veja também orientação sobre coleta de dados na Seção 4.4.5.

5.1.3.7 Resumo da abordagem geral para estimar liberações da combustão do petróleo

323. Como mencionado anteriormente, a principal via de liberações de mercúrio das operações de queima do óleo combustível é a chaminé de escape. A informação básica necessária para estimar as liberações para a combustão de óleo são: a concentração de mercúrio no tipo de óleo usado (em ppm ou outras unidades) e a quantidade de cada tipo de óleo queimado.

5.1.4 EXTRAÇÃO, REFINO E USO DE GÁS NATURAL

5.1.4.1 Descrição da subcategoria

324. O gás natural é um combustível fóssil utilizado para diversos fins, especialmente para a combustão para produzir eletricidade e calor. Assim como muitos outros materiais naturais, o gás natural contém pequenas quantidades de impurezas naturais de mercúrio, que são mobilizadas para a biosfera durante a extração, refino e combustão. Em algumas regiões do mundo, sabe-se que o gás natural tem altas concentrações de mercúrio (dependendo da geologia). As liberações de mercúrio podem ocorrer durante a extração, refino, depuração dos gases e uso (COWI, 2002 e US EPA, 1997b). Em alguns países, o mercúrio nos resíduos da limpeza de gases ("condensado" ou rejeitos específicos do filtro de Hg) é recuperado e comercializado como derivado. Em outros países, esses resíduos são recolhidos e tratados como resíduos perigosos. Para a extração *offshore* de gás, as primeiras fases da limpeza do gás às vezes ocorrem *offshore* e podem levar que a

água seja descartada no local. O destino do teor de mercúrio observado no gás natural ainda é mal compreendido. Esta pode ser considerada uma lacuna de dados importante na descrição das liberações de mercúrio. Na maioria dos países, o gás entregue aos consumidores foi lavado e contém — naquela fase — apenas pouco mercúrio.

325. O processo de produção de energia do gás natural começa com a extração do gás natural, segue com seu tratamento e transporte para as centrais elétricas e termina com sua combustão em caldeiras e turbinas para gerar eletricidade. Inicialmente, poços são perfurados no solo para extrair o gás natural. Uma vez extraído, ele é tratado em usinas especiais para eliminar impurezas, como o sulfeto de hidrogênio, hélio, dióxido de carbono, hidrocarbonetos, umidade e, em certa medida, mercúrio (quer no tratamento geral ou em filtros específicos para mercúrio). As operações de limpeza do gás podem ocorrer *offshore*. Gasodutos transportam o gás natural das usinas de gás para as centrais elétricas, ou por meio de redes de abastecimento de gás para queimadores residenciais, para sua combustão.

326. Outros usos de gás natural incluem, entre outros, síntese de substâncias químicas, produção de polímeros e produção de carbono negro (pigmento negro).

327. O mercúrio é um problema especial para as usinas que produzem gás natural liquefeito e em unidades de remoção de nitrogênio, já que pode causar deformação dos trocadores de calor de alumínio, porque o mercúrio forma um amálgama com o alumínio. O mercúrio também é um veneno para os catalisadores de metais preciosos utilizados em muitas das reações do beneficiamento de hidrocarbonetos, e muitos operadores estabelecem limites estritos para o nível de mercúrio nos insumos no craqueamento. Por esses motivos, o mercúrio em alguns casos é removido do gás com filtros específicos para mercúrio (geralmente filtros de leito fixo com partículas impregnadas). Alguns filtros usam absorventes que são depositados como resíduos (NCM, 2010), enquanto outros podem ser regenerados *in loco* com a regeneração de filtros de umidade (UOP, sem data).Neste último caso, o mercúrio recolhido — que contém hidrocarbonetos — poderá ser encaminhado dos filtros de regeneração de volta aos fluxos de combustível líquido ou gás comercializados, ou poderá ser concentrado em um filtro menor dos quais o filtro que contém mercúrio é depositado como resíduo.

5.1.4.2 Principais fatores que determinam as liberações e emissões de mercúrio

Tabela 5-22 Principais liberações e meios receptores durante o ciclo de vida da extração, refino e uso do gás natural

Fase do ciclo de vida (uso)	Ar	Água	Solo	Produtos	Resíduos em geral	Destinação/tratamento específico do setor
Extração/Refino	X	X	X	x	x	X
Combustão	x					
Outros usos						

Notas: X – Via de liberação que se espera seja predominante na subcategoria.
x – Outras vias de liberação a serem consideradas em função da situação nacional e da fonte específica.

328. Os fatores mais importantes que determinam as liberações são os níveis de mercúrio no gás natural e a quantidade de gás extraída, refinada ou queimada.

329. A maior parte do mercúrio no gás natural bruto pode ser removida durante o processo de extração e/ou refino, inclusive durante a remoção do sulfeto de hidrogênio (Pirrone et al., 2001). Portanto, o gás natural é geralmente considerado um combustível limpo que normalmente tem concentrações muito baixas de mercúrio.

330. Ademais, pouca ou nenhuma cinza é produzida durante o processo de combustão nessas instalações (US EPA, 1997b). Durante a combustão, já que todo o suprimento de combustível está exposto a temperaturas de chama alta, essencialmente todo o mercúrio restante no gás natural irá ser volatilizado e sair do forno com os gases de combustão através da chaminé. As usinas que utilizam gás geralmente não têm dispositivos de controle de emissões que poderiam reduzir as emissões (US EPA, 1997a).

5.1.4.3 Análise das entradas de mercúrio

Tabela 5-23 Visão geral dos dados de taxa de atividade e tipos de fatores de entrada de mercúrio necessários para calcular as liberações da extração, refino e uso do gás natural

Fase do ciclo de vida	Dados de taxa de atividade necessários	Fatores de entrada de mercúrio
Extração/refino	Quantidade de gás natural produzido	Concentração de mercúrio no gás extraído
Combustão/uso	Quantidade de gás natural queimado	Concentração de mercúrio no gás natural queimado

331. Estimativas detalhadas do consumo nacional de diferentes tipos de combustíveis, em totais e por setor, estão disponíveis no site de estatísticas da Agência Internacional de Energia http://www.iea.org/stats/.

332. Combustão de gás natural: As concentrações de mercúrio no gás natural podem variar dependendo da geologia local, entretanto, as concentrações de mercúrio no fornecimento ao consumidor (gás do gasoduto) aparentam ser muito baixas (COWI, 2002; US EPA, 1997b).

333. Exemplos do teor de mercúrio no gás de boca de poço estão na Tabela 5-24. O teor de mercúrio varia substancialmente de acordo com a região do mundo. É importante ressaltar que não está claro até que ponto os dados apresentados representam regiões com teor particularmente elevado de mercúrio.

Tabela 5-24 Exemplos de concentrações de mercúrio no gás da boca de poço

Notas	Intervalo (µg/Nm³)	Média (µg/Nm³)	Número de amostras	Referência
Gás de boca de poço nos EUA (estimado)		<1 *1		Wilhelm, 2001
Federação Russa, gás deboca de poço	0,05-70 *1	2,4 *1	48	Lassen et al., 2004
Federação Russa, gás livre dos poços de gás (depois do separador de condensado primário)	0,07-14 *1	3,4 *1	169	Lassen et al., 2004
San Joaquin Valley, Califórnia	1,9-21			Bailey et al.,1961 *2
Oriente Médio	<50			Hennico et al., 1991 *2
Países Baixos	0,001-180			Bingham, 1990 *2
África do Sul	100			Hennico et al.,1991 *2
Países Baixos	0-300			Gijselman, 1991 *2
Extremo Oriente	50-300			Hennico et al., 1991 *2
Sumatra	180-300			Muchlis, 1981; Situmorang and Muchlis, 1986 *2
Desconhecido, exemplos da indústria de filtros de gás	<0,01-120			UOP, sem data

Obs.: *1 As referências utilizam a unidade µg/m³sem indicar se o volume foi normalizado para Nm³.
*2 Citado em OilTracers (1999-2004).

Tabela 5-25 Exemplos de concentrações de mercúrio no gás de gasoduto (limpo e como recebido pelo consumidor)

País	Concentração de mercúrio µg/m³	Referência e observações
EUA	<0,02-<0,2	Wilhelm, 2001; todos resultados abaixo do limite de detecção dos métodos utilizados para diferentes análises
Federação Russa	0,03-0,1	Lassen et al., 2004
Dinamarca	<0,1-0,8	Skårup et al., 2003

334. Pirrone et al. (2001) informam que "é preciso alcançar uma redução de mercúrio para menos de 10 µg/m³antes que o gás possa ser usado". Isso poderá indicarque as concentrações de mercúrio no gás com qualidade de consumo poderão normalmente estar abaixo desse nível na Europa (a área geográfica de interesse no estudo), mas que o gás natural bruto pode às vezes ter concentrações elevadas de mercúrio.

5.1.4.4 Exemplos de mercúrio em liberações e resíduos/rejeitos

335. A parte significativa do teor de mercúrio do gás natural bruto pode ser separada do gás nas diferentes águas residuais ou condensados dos resíduos da depuração do gás. A Tabela 5-25 mostra um exemplo da distribuição do mercúrio numa usina de gás no Extremo Oriente sem filtro de remoção de mercúrio. A distribuição real irá depender muito da instalação ou não de leitos de remoção de mercúrio. O documento citado apresenta dados sobre concentração de mercúrio em cinco usinas diferentes, mas só apresenta balanço de massa para uma única usina. Nas três usinas sem leito de remoção de mercúrio, o gás comercializado continha até 3.000 ng/m³; e nas duas usinas com leitos de remoção de mercúrio, as concentrações foram 10 e 2 ng/m³, respectivamente. Na usina específica, 68% do mercúrio terminou no gás comercializado. É importante ressaltar que a porcentagem que termina no gás comercializado será altamente dependente da concentração inicial de mercúrio no gás bruto, já que a meta para o processo de limpeza é uma certa concentração no gás comercializado.

Tabela 5-26 Exemplo de distribuição de mercúrio numa usina de gás sem leito de remoção de mercúrio (Carnell and Openshaw, 2004)

Fluxo de processo	Mercúrio (kg/ano)	Porcentagem de mercúrio no gás bruto (%)
Gás bruto	220	100
Saída da remoção de gases ácidos	22	10
Saída da secagem	3	1
Condensado	45	20
Gás de venda	150	68

336. O termo condensado de gás refere-se a líquidos que podem ter origem em diversos locais num esquema de processamento de gás (Wilhelm, 2001). Um condensado genérico não processado é o hidrocarboneto líquido que separa no separador primário, na boca de poço ou na fábrica de gás. Condensado processado é a fração C5+ (hidrocarbonetos mais pesados), que é um produto de uma unidade de separação de gás.

Tabela 5-27 Exemplos de concentrações de mercúrio nos condensados de gás

Referência	Número de amostras	Intervalo (ppb)	Média (ppb)	DS	Notas
Olsen et al., 1997 *1	4	NI	15		Origem não informada
Shafawi et al., 1999 *1	5	9-63	30	18,6	Sudeste da Ásia
Tao et al., 1998 *1	7	15-173	40		Asiático
Lassen et al., 2004	5	60-470	270	270	Federação Russa
Bloom, 2000 *1	18	NI	3.964	11.655	Principalmente asiático

Notas: *1 Citado por Wilhelm (2001).
NI significa não informado.

337. Num exemplo do Golfo da Tailândia, relatou-se que a água produzida antes da limpeza em três campos continha 191-235 ppb, 155 ppb e 11 ppb, respectivamente (GALLUP AND STRONG, 2006). Após o tratamento com um filtrado de 0,45 µm, a concentração foi reduzida para <1-10 ppb. A parte principal da água produzida nos campos foi injetada nos campos, enquanto que uma parte menor foi descartada na água. Como exemplo do significado das liberações de mercúrio com a água de produção, 40-330 kg Hg/ano, com um valor médio de 187 kg Hg/ano, foram descartados com a água de produção no Golfo da Tailândia entre 1991 e 1996 (Chongprasith et al., 2009). Em anos recentes, várias tecnologias de tratamento têm sido empregadas para remover o mercúrio antes da descarga.

338. Para o gás de gasoduto, isto é, o gás recebido pelos consumidores, todas as entradas de mercúrio podem ser consideradas liberadas no ar durante o uso ou a combustão.

5.1.4.5 Fatores de entrada e fatores de distribuição de saídas

339. Com base nas informações compiladas acima sobre as entradas e saídas e os principais fatores que determinam as liberações, os seguintes fatores-padrão preliminares de entrada e distribuição são sugeridos para uso naqueles casos em quenão existam dados específicos da fonte. Ressalta-se que esses fatores-padrão têm por base um banco de dados limitado e, como tal, devem ser considerados preliminares e sujeitos a revisões. Em muitos casos, o cálculo dos intervalos de liberações dará uma estimativa mais apropriada das verdadeiras liberações.

340. O principal motivo de usarem-se os fatores-padrão é obter uma primeira impressão para saber se a subcategoria é uma fonte significativa de liberação de mercúrio no país. Em princípio, as estimativas de liberação teriam que ser mais aprimoradas (após o cálculo com fatores-padrão) antes de qualquer ação de largo alcance fosse empreendida com base nessas estimativas.

a) Fatores-padrão de entrada de mercúrio

341. Os dados reais sobre os níveis de mercúrio no determinado gás natural extraído, refinado e usado conduzirão às melhores estimativas de liberações.

342. Se não houver indicações disponíveis sobre a concentração de mercúrio no gás utilizado, uma primeira estimativa poderá ser realizada usando os fatores-padrão de entrada selecionados na Tabela 5-28 abaixo (com base nos conjuntos de dados apresentados nesta seção). Como as concentrações variam muito, recomenda-se calcular e informar intervalos para as entradas de mercúrio nesta categoria de fonte. O limite inferior dos fatores-padrão foram estabelecidos para indicar uma estimativa baixa para a entrada de mercúrio para a categoria de fonte (mas não o mínimo absoluto), e o limite superior resultará numa estimativa elevada (mas não o máximo absoluto). Se intervalos não forem usados, o emprego do valor máximo proverá a indicação mais segura da possível importância da categoria de fonte para outras investigações. O uso

do limite superior não implica automaticamente que as verdadeiras liberações sejam tão altas assim, apenas que deverá ser objeto de mais investigações.

Tabela 5-28 Fatores-padrão de entrada *preliminares* para o mercúrio em diversas qualidades de gás natural

Qualidade do gás	Fatores-padrão de entrada; µg Hg/Nm3 gás; inferior –superior (intermediário)
Gás bruto ou pré-lavado	2-200 (100)
Gás de gasoduto (qualidade de consumo)	0,03-0,4 (0,22)

343. Dados de produção de gás natural podem ser dados como TJ (terajoule), que pode ser convertido na unidade exigida pelo Toolkit, Nm^3 (metros cúbicos normais), multiplicando o número de TJ por 25.600 Nm^3/TJ (um valor calorífico médio bruto do gás natural disponível emhttp://www.iea.org/stats/docs/statistics_manual.pdf, p. 182).

b) Fatores-padrão de distribuição de saídas de mercúrio

344. Para os processos de extração e combustão/uso de gás natural, os fatores-padrão mostrados na Tabela 5-29 a seguir podem ser usados para calcular uma estimativa indicativa das liberações de mercúrio.

Tabela 5-29 Fatores-padrão *preliminares* de distribuição de saídas para mercúrio da extração, refino e usos do gás natural

Fase do ciclo de vida	Fatores de distribuição de saída, parcela da entrada de Hg					
	Ar	Água	Solo	Produtos *1	Resíduos em geral	Destinação/tratamento específico do setor *2
Extração e processamento – sem remoção de mercúrio	0,2	0,2		0,5	0,1	
Extração e processamento – com remoção de mercúrio *2	0,1	0,2		0,1	0,6	?
Combustão/uso	1					

Notas: *1: Inclui tanto gás de venda quanto condensado.

*2: O destino de fato do mercúrio nos resíduos poderá variar de país para país, e poderá incluir deposição, recuperação ou comercialização do mercúrio.

c) Links para outras estimativas de fontes de mercúrio

345. Nenhum link sugerido.

5.1.4.6 Principais dados específicos da fonte

346. Os dados específicos da fonte mais importantes nesse caso seriam:

- dados medidos ou dados de literatura sobre as concentrações de mercúrio no gás natural extraído, refinado e utilizado na fonte;
- quantidade de gás natural extraído, refinado e queimado; e
- dados medidos sobre equipamento de redução de emissões utilizado na fonte (ou fontes semelhantes com equipamento e condições de operação semelhantes).

347. Veja também orientação sobre coleta de dados na Seção 4.4.5.

5.1.5 EXTRAÇÃO E USO DE OUTROS COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS

5.1.5.1 Descrição da subcategoria

348. Esta categoria inclui a extração e uso de outros combustíveis fósseis como a turfa (que é uma forma muito nova de carvão) e xisto betuminoso. O xisto betuminoso é um tipo de xisto do qual um petróleo bruto escuro pode ser recuperado por meio de destilação. Como outros combustíveis fósseis e não fósseis, esses podem conter traços de mercúrio, que podem ser mobilizados pela extração e combustão.

349. Apenas dados limitados foram levantados sobre essas fontes potenciais de liberação de mercúrio nesta versão do Toolkit. Se não forem encontrados outros dados durante a elaboração do inventário, uma opção seria medir as concentrações de mercúrio nos tipos de combustível usados e em quaisquer liberações e resíduos produzidos.

5.1.5.2 Principais fatores que determinam as liberações e emissões de mercúrio

Tabela 5-30 Vias de liberação e meios receptores esperados durante o ciclo de vida da extração e uso de outros combustíveis fósseis

Fase do ciclo de vida	Ar	Água	Solo	Produto	Resíduos em geral	Destinação/trata-mento específico do setor
Extração						
Combustão	X	x	x		x	x

Notas: X – Via de liberação que se espera seja predominante na subcategoria.
x – Outras vias de liberação a serem consideradas em função da situação nacional e da fonte específica.

5.1.5.3 Exemplo de entradas de mercúrio

Tabela 5-31 Visão geral dos dados de taxa de atividade e tipos de fatores de entrada de mercúrio necessários para calcular as liberações da extração e uso de outros combustíveis fósseis

Fase do ciclo de vida	Dados de taxa de atividade necessários	Fator de entrada de mercúrio
Combustão	Quantidade de combustíveis utilizados	Concentração de mercúrio nos combustíveis utilizados

350. Sabe-se que o mercúrio está presente na turfa e no xisto betuminoso. Por exemplo, um estudo da North Carolina, USA, informou concentrações totais de mercúrio de 40-193 ng/g (peso seco) na turfa, com base em dados medidos (EVANS et al., 1984).

351.Estimativas detalhadas do consumo nacional de diferentes tipos de combustíveis, em totais e por setor, estão disponíveis no site da Agência Internacional de Energia, http://data.iea.org/ieastore/statslisting.asp.

5.1.5.4 Exemplos de mercúrio em liberações e resíduos/rejeitos

352. Dados não foram levantados.

5.1.5.5 Fatores de entrada e fatores de distribuição de saídas

a) Fatores-padrão de entrada de mercúrio

353. Turfa: Se não houver outros dados, as concentrações de mercúrio mencionadas anteriormente na Seção 5.1.5.3 poderão ser usadas.

354. Xisto betuminoso: Nenhum fator foi desenvolvido.

b) Fatores-padrão de distribuição de saídas de mercúrio

355. Turfa: Caso não haja outras informações, 100% do mercúrio na turfa pode ser considerado liberado no ar (uma estimativa aproximada – pequenas quantidades de mercúrio podem acompanhar as cinzas e resíduos da combustão).

356. Xisto betuminoso: Nenhum fator foi desenvolvido para esta subcategoria de fonte.

c) Links para outras estimativas de fontes de mercúrio

357. Nenhum link sugerido.

5.1.6 PRODUÇÃO DE CALOR E ENERGIA A PARTIR DA BIOMASSA

5.1.6.1 Descrição da subcategoria

358. Muitos países e regiões dependem fortemente da combustão da biomassa para produção de energia e calor. Essas fontes queimam madeira, inclusive ramos, casca da árvore, serragem e/ou resíduos agrícolas (como palha, farelos cítricos, cascas de coco, cama de frango e excreções de camelos) (UNEP, 2003). Resíduos de madeira são usados como combustível na indústria. No setor residencial, a madeira é usada em fornos a lenha e lareiras (PIRRONE et al., 2001). Neste Toolkit, as fontes desta subcategoria incluem caldeiras a lenha, outros tipos de caldeiras a biomassa, fornos de lenha, lareiras e outras queimas de biomassa. Para as caldeiras, presume-se que sejam usados geradores de vapor razoavelmente bem operados e mantidos a fim de maximizar a saída de energia. Esta seção não aborda a queima de madeira contaminada.

359. A biomassa é queimada em uma vasta gama de dispositivos para geração de energia desde pequenas fornalhas até grandes e elaborados sistemas, altamente sofisticados, de caldeira/queimador com extensos dispositivos de controle de poluição do ar (CPA). A combustão da biomassa para geração de energia ocorre predominantemente em dois tipos de caldeiras(alimentação pela boca da fornalha ou de leito fluidizado), que se distinguem pela forma como o combustível é alimentado ao sistema (UNEP, 2003).

360. As caldeiras de alimentação pela boca usam uma grelha estacionária ou vibratória sobre a qual a biomassa é transportada através do forno durante a combustão. O ar da combustão primária é injetado através do combustível de biomassa a partir da parte inferior da grelha. Todos esses sistemas queimam a biomassa com grande eficiência, deixando a maior parte das cinzas como resíduo seco na parte inferior da caldeira (UNEP, 2003).

361. As caldeiras de leito fluidizado utilizam um leito de material inerte (por exemplo, areia e/ou cinzas), que é fluidizado pela injeção de ar de combustão primária. A biomassa é fragmentada e adicionada ao leito fluidizado, onde é queimada. As cinzas fluidizadas, que são carregadas com os gases de combustão, são geralmente coletadas num (multi)ciclone seguido de um PES ou filtro de manga e voltam a ser injetadas na caldeira. Nenhuma, ou quase nenhuma, cinza residual escapa da caldeira, já que todas as partículas maiores das cinzas permanecem no leito fluidizado ou são coletadas pelo separador do ciclone. Portanto, quase nenhuma cinza é coletada como cinzas volantes no PES ou filtro de manga (UNEP, 2003).

362. O aquecimento e a cozinha com biomassa em domicílios é uma prática comum em muitos países. Na maioria dos casos, o combustível preferido é a lenha, entretanto outros combustíveis de biomassa podem ser utilizados.

363. A biomassa para aquecimento e cozinha residenciais é queimada em uma ampla gama de dispositivos, que variam desde pequenas fogueiras a céu aberto até grandes e elaborados fornos e fornalhas a lenha, altamente sofisticados. A combustão da biomassa para aquecimento e cozinha domésticos ocorre predominantemente em dispositivos de cada vez maior eficiência de combustão, à medida que aumenta o produto nacional bruto e o grau de desenvolvimento dos países (UNEP, 2003).

5.1.6.2 Principais fatores que determinam as liberações e emissões de mercúrio

Tabela 5-32 Principais liberações e meios receptores da produção de calor e energia a partir da queima de biomassa

Fase do ciclo de vida	Ar	Água	Solo	Produto	Resíduos em geral	Destinação/tratamento específico do setor
Combustão	X	x	x		x	x

Notas: **X** – Via de liberação que se espera seja predominante na subcategoria.
x – Outras vias de liberação a serem consideradas em função da situação nacional e da fonte específica.

364. Os fatores mais importantes que determinam as liberações são os níveis de mercúrio no combustível e a quantidade de combustível queimado. O mercúrio nos biocombustíveis advém tanto do mercúrio naturalmente presente quanto do mercúrio depositado por meio de emissões antropogênicas (COWI, 2002). Por exemplo, as árvores (especialmente as agulhas e folhas) absorvem mercúrio proveniente da atmosfera com o passar do tempo. Esse mercúrio é facilmente liberado, principalmente no ar quando a lenha e outras biomassas são queimadas (FRIEDLI, H.R. et al., 2001).

365. As liberações de mercúrio da combustão da madeira e outros biocombustíveis podem ser significativas em alguns países (COWI, 2002). A maior parte do mercúrio na biomassa é liberada no ar durante o processo de combustão. Uma quantidade menor de mercúrio poderá ser liberada nas cinzas ou resíduos, dependendo do tipo específico de material queimado, do tipo de dispositivo de combustão e da presença de algum controle de emissões.

5.1.6.3 Análise das entradas de mercúrio

Tabela 5-33 Visão geral dos dados de taxas de atividades e tipos de fatores de entrada de mercúrio necessários para estimar as liberações advindas da produção de calor e energia a partir da biomassa

Dados de taxa de atividade necessários	Fator de entrada de mercúrio
Tipo e quantidade de biomassa queimada	Concentração de mercúrio na biomassa queimada

366. Os principais fatores de entrada necessários são a concentração de mercúrio na madeira ou outra biomassa queimada na fonte e a quantidade de cada tipo de biomassa que é queimada.

367. Para as fontes de combustão de madeira sem controles, US EPA desenvolveu um fator de emissão de 0,0021 g de mercúrio por tonelada de madeira queimada (isto é, peso úmido). Utilizando a suposição de que todo o mercúrio dessas fontes sem controle é emitido na atmosfera, estima-se que a concentração média de mercúrio na madeira queimada nos EUA é cerca de 0,002 ppm (US EPA, 1997a;NJ MTF, 2002).

368. US EPA recomenda um fator médio de emissão atmosférica de 0,0026 g de mercúrio por tonelada de madeira queimada como sendo o "melhor fator típico de emissão" para a combustão de resíduos de madeira em caldeiras nos EUA (US EPA, 1997b).

369. Em investigações nos EUA, o teor de mercúrio em cama de aves e vegetação verde de sete locais nos EUA variou de 0,01-0,07 mg Hg/kg de peso seco (FRIEDLI et al., 2001).

370. De acordo com pesquisas dinamarquesas, o teor de mercúrio em madeira e palha queimada na Dinamarca está na faixa de 0,007-0,03 mg/kg de peso seco (SKÅRUP et al., 2003).

371. Investigações suecas encontraram concentrações de mercúrio de 0,01-0,02 mg/kg peso seco em lenha; no entanto, concentrações de 0,03-0,07 mg/kg de peso seco foram encontrados em salgueiros (KINDBOM AND MUNTHE, 1998). Na casca de árvore foi encontrada uma concentração de mercúrio de 0,04 mg/kg de peso seco, mas nas agulhas do abeto(??) a concentração era de 0,3-0,5 mg/kg de peso seco (KINDBOM AND MUNTHE, 1998).

372. Estimativas detalhadas do consumo nacional de diferentes tipos de combustíveis, em totais e por setor, estão disponíveis no site de estatísticas da Agência Internacional de Energia http://data.iea.org/ieastore/statslisting.asp.

5.1.6.4 Exemplos de mercúrio em liberações e resíduos/rejeitos

373. Embora alguns fogões a lenha utilizem medidas de controle de emissões como catalisadores e câmaras de combustão secundárias para reduzir a emissão de compostos orgânicos voláteis e monóxido de carbono, essas técnicas não devem afetar as emissões de mercúrio. No entanto, algumas caldeiras a lenha empregam equipamento de controle de MP que poderá resultar em alguma redução. Atualmente, os quatro dispositivos de controle mais comumente utilizados nos EUA para reduzir as emissões de MP em caldeiras a lenha são coletores mecânicos, filtros de manga, lavadores úmidos e precipitadores eletrostáticos (PES). Desses controles, os últimos três têm potencial para uma captura significativa de mercúrio (US EPA, 1997a; US EPA, 2002a; US EPA, 1996).

374. Os lavadores úmidos mais usados para caldeiras a lenha nos EUA são os lavadores Venturi. Não foram identificados dados sobre a eficiência de controle desses dispositivos para as emissões de mercúrio em caldeiras a lenha. Entretanto, espera-se algum controle. Os filtros de manga e os PES também são usados em algumas dessas caldeiras a lenha. Não foram identificados dados sobre a eficiência de controle desses dispositivos em caldeiras a lenha. No entanto, com base nos dados de usinas térmicas a carvão, a eficiência de coleta para o mercúrio em FM pode ser 50% ou mais e a eficiência para o PES deve ser um pouco mais baixo, provavelmente 50% ou menos (US EPA, 1997a; US EPA, 2002a).

375. Os dados sobre liberações de mercúrio da combustão de madeira são limitados. Um relatório do National Council of the Paper Industry for Air and Stream Improvement (NCASI) nos EUA forneceu uma faixa para o fator de emissão e suamédia para as caldeiras sem PES e para caldeiras com PES (NCASI, 1995, citado em US EPA, 1997a). As caldeiras sem PES tinham uma série de outros dispositivos de controle, inclusive ciclones, multiclones e diversos lavadores úmidos. O fator de emissão médio informado para as caldeiras sem PES foi de $3,5 \times 10^{-6}$kg/tonelada de madeira seca queimada. O fator de emissão médio informado para as caldeiras com PES foi de $1,3 \times 10^{-6}$kg/tonelada de madeira seca queimada. Para a combustão de restos de madeira em caldeiras sem controle, US EPA estabeleceu um fator de emissão médio para as emissões de mercúrio (com base em quatro testes de emissões) de $2,6 \times 10^{-6}$kg/tonelada de madeira úmida durante a combustão (US EPA, 1997a).

5.1.6.5 Fatores de entrada e fatores de distribuição de saídas

376. Com base nos exemplos compilados até agora das concentrações de mercúrio na biomassa e nas informações gerais sobre a eficiência dos sistemas de redução de emissões, sugere-se os seguintes fatores-padrão de entrada e distribuição para usar nos casos onde não haja dados específicos da

fonte. Sublinha-se que os fatores-padrão sugeridos no presente Toolkit baseiam-se num banco de dados limitado e, como tal, devem ser considerados sujeitos a revisões à medida que se amplie o banco de dados. O principal motivo de usarem-se os fatores-padrão é obter uma primeira impressão para saber se a subcategoria é uma fonte significativa de liberação de mercúrio no país. Em princípio, as estimativas de liberação teriam que ser mais aprimoradas (após o cálculo com fatores-padrão) antes que qualquer ação de largo alcance fosse empreendida com base nestas estimativas.

377. Considerando a grande variação apresentada acima tanto na concentração de mercúrio na biomassa quanto na eficiência dos sistemas de redução de emissões do mercúrio, o uso de dados específicos da fonte será sempre preferível, se viável.

a) Fatores-padrão de entrada de mercúrio

Os combustíveis fósseis, se usados, também irão contribuir para as entradas de mercúrio, mas os combustíveis fósseis são contabilizados em outras subcategorias.

Tabela 5-34 Fatores-padrão de entrada preliminares para o mercúrio na biomassa para a produção de energia e calor

Material	Fatores-padrão de entrada; g mercúrio por tonelada de biomassa (peso seco); (inferior – superior)
Biomassa utilizada na combustão (principalmente madeira)	0,007-0,07

b) Fatores-padrão de distribuição de saídas de mercúrio

Tabela 5-35 Fatores-padrão *preliminares* de distribuição para saídas de mercúrio da produção de calor e energia a partir da queima de biomassa

Dispositivo de redução de emissões	Fatores de distribuição, parcela da entrada de Hg					
	Ar	Água	Solo	Produtos	Resíduos em geral	Destinação/tratamento específico do setor
Nenhum	1					

c) Links para outras estimativas de fontes de mercúrio

378. Nenhum link sugerido.

5.1.6.6 Principais dados específicos da fonte

379. Os dados específicos da fonte mais importantes nesse caso seriam:

- dados medidos ou dados de literatura sobre as concentrações de mercúrio nos tipos de biomassa queimada na fonte;
- quantidade de cada tipo de biomassa queimada; e
- dados medidos sobre equipamento de redução de emissões utilizado na fonte (ou fontes semelhantes com equipamento e condições de operação semelhantes).

380. Veja também orientação sobre coleta de dados na Seção 4.4.5.

5.1.6.7 Resumo da abordagem geral de cálculo das liberações

381. A abordagem geral para calcular as liberações de mercúrio para cada via da combustão da biomassa segue no quadro abaixo, sendo que as liberações totais são a soma das liberações para cada via:

Fator de entrada (concentração de Hg na biomassa queimada na usina)	*	**Taxa de atividade** (quantidade de cada tipo de biomassa queimada por ano)	*	**Fator de distribuição** para cada via

5.1.7 PRODUÇÃO DE ENERGIA GEOTÉRMICA

5.1.7.1 Descrição da subcategoria

382. As usinas geotérmicas fazem uso das temperaturas subterrâneas elevadas para a produção de energia e estão, em sua maioria, situadas em áreas com atividade geotérmica especial, às vezes em áreas com atividade vulcânica. Essas centrais elétricas são a base de água ou vapor seco. Para as usinas de vapor seco, o vapor é bombeado dos reservatórios geotérmicos para turbinas a uma temperatura de aproximadamente 180 °C e uma pressão absoluta de 7,9 bar. Para usinas que operam com água, a água existe nos estratos produtores a uma temperatura de aproximadamente 270°Ce a uma pressão ligeiramente maior que a pressão hidrostática. Enquanto a água flui em direção à superfície, a pressão diminui e forma-se vapor, que é usado para operar as turbinas (US EPA, 1997a).

383. As liberações de mercúrio das usinas geotérmicas são causadas pela mobilização humana de mercúrio que ocorre naturalmente nessas condições geológicas. Observe que as liberações de mercúrio podem variar bastante de acordo com as condições geológicas locais.

5.1.7.2 Principais fatores que determinam as liberações de mercúrio e saídas de mercúrio

Tabela 5-36 Principais liberações e meios receptores durante a produção de energia geotérmica

Fase do ciclo de vida	Ar	Água	Solo	Resíduos em geral	Destinação/tratamento específico do setor
Produção de energia geotérmica	X				

Notas: X – Via de liberação que se espera seja predominante na subcategoria;
x – Outras vias de liberação a serem consideradas em função da situação nacional e da fonte específica.

384. O mercúrio é liberado para o ar de usinas geotérmicas e possivelmente para outras vias. As emissões de mercúrio nas usinas geotérmicas são liberadas por meio de dois tipos de saídas: ejetor de gases evacuados do condensador e torres de resfriamento (US EPA, 1997a).

5.1.7.3 Análise das entradas de mercúrio

Tabela 5-37 Visão geral dos dados de taxas de atividades e tipos de fatores de entrada de mercúrio necessários para estimar as liberações advindas da produção de energia geotérmica (exemplo)

Fase do ciclo de vida	Dados de taxa de atividade necessários	Fator de entrada de mercúrio
Produção de energia geotérmica	MWe/hora	Gramas (g) Hg liberados por MWe/hora

5.1.7.4 Exemplos de mercúrio em liberações e resíduos/rejeitos

385. Para os ejetores de gases, US EPA apresenta uma faixa de fatores de emissão atmosférica de 0,00075-0,02 grama de mercúrio por megawatt/hora (g/MWe/h) com uma média de 0,00725 g Hg/MWe/h. Para as torres de resfriamento, US EPA apresenta uma faixa de 0,026-0,072 g Hg/MWe/h para fatores de emissão atmosférica com uma média de 0,05 g/MWe/h (US EPA, 1997a). No entanto, esses fatores se baseiam em dados limitados de emissões obtidos em 1977 nos EUA

e informações de processo não foram relatadas e os dados não foram validados. Portanto, os fatores de emissão devem ser uados com cautela (US EPA, 1997a).

5.1.7.5 Fatores de entrada e fatores de distribuição de saídas

386. Nenhum esforço foi feito até agora para desenvolver fatores-padrão de entradas e saídas para esta subcategoria. Não havendo dados específicos disponíveis, as estimativas de liberação podem basear-se nas informações dadas anteriormente.

5.2 PRODUÇÃO PRIMÁRIA (VIRGEM) DE METAIS

Tabela 5-38 Produção primária (virgem) de metais: subcategorias com as principais vias de liberações de mercúrio e abordagem de inventário recomendada

Capítulo	Subcategoria	Ar	Água	Solo	Produto	Resíduos/ rejeitos	Principal abordagem de inventário
5.2.1	Extração primária e processamento inicial de mercúrio	X	X	X	X	X	FP
5.2.2	Extração de ouro e prata com processo de amalgamação	X	X	X			AG
5.2.3	Extração e processamento inicial de zinco	X	X	X	X	X	FP
5.2.4	Extração e processamento inicial de cobre	X	X	X	X	X	FP
5.2.5	Extração e processamento inicial de chumbo	X	X	X	X	X	FP
5.2.6	Extração e processamento inicial de ouro usando outros métodos que não a amalgamação	X	X	X	X	X	FP
5.2.7	Extração e processamento inicial de alumínio	X		x		X	FP
5.2.8	Extração e processamento de outros metais não ferrosos	X	X	X		X	FP
5.2.9	Produção primária de metais ferrosos	X				x	FP

Notas: FP = abordagem por fonte pontual. AG = abordagem geral/nacional.
X – Via de liberação que se espera seja predominante na subcategoria.
x – Outras vias de liberação a serem consideradas em função da situação nacional e da fonte específica.

5.2.1 EXTRAÇÃO E PROCESSAMENTO INICIAL DE MERCÚRIO

5.2.1.1 Descrição da subcategoria

387. Sabe-se que a mineração do mercúrio tem causado significativas liberações deste metal nos ambientes terrestre, atmosférico e aquático, resultando em poluição local e regional. Há exemplos de países com atividades de mineração de mercúrio no passado que continuam lutando para controlar essa poluição muitos anos após o término das atividades de mineração. Talvez seja possível usar tecnologias de redução de liberações em alguns casos, com potencial para influenciar a distribuição das liberações entre os compartimentos ambientais. Muitas minas de mercúrio cessaram sua produção nas últimas décadas devido à queda da demanda no mundo ocidental.

388. Estimativas da produção global primária de mercúrio a partir da mineração dedicada (??) e do mercúrio derivado como subproduto de outros processos de mineração ou extração, de acordo com informes do Levantamento Geológico dos EUA, estão apresentadas na Tabela 5-39. Apenas alguns dos países relacionados na tabela ainda realizavam mineração dedicada de mercúrio em 2005, como Espanha, Argélia e Quirguistão. Em 2009, eram apenas Quirguistão e China. Não

obstante, Reese (1999) observa que a maioria dos países não informa sua produção de mercúrio, levando a um alto grau de incerteza das cifras apresentadas sobre a produção mundial (UNEP, 2002). Veja UNEP (2002) para obter mais informações.

389. Esta subcategoria só abrange os processos envolvidos na mineração primária de mercúrio. A produção e a comercialização do mercúrio como derivado de outros processos de extração ou de mineração, bem como a produção de mercúrio reciclado pós-consumo, estão incluídas em outras seções deste documento.

Tabela 5-39 Produção estimada global de mercúrio primário (da mineração), de acordo com o Levantamento Geológico dos EUA (JASINSKI, 1994; REESE, 1997; 1999; salvo mencionado de outra forma; agregação conforme a apresentação do Conselho de Ministros Nórdicos;e por HYLANDER AND MEILI (2002) no ano 2000) (toneladas)

País	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Argélia *1	459	414	292	368	447	224	200	240
China *2	520	470	780	510	830	230	200	200
Eslováquia	50	50	0	0	0	20	0	0
Eslovênia	?	6	0	5	5	5	0	0
Espanha	643	393	1497	862	863	675	600	237 *5
EUA	NR	NR	nr	65	nr	-	-	15
Finlândia *3	98	89	90	88	63	80	80	45
México	12	12	15	15	15	15	15	25
Quirguistão *4	1000	379	380	584	610	620	620	600
Rússia	60	50	50	50	50	50	50	-
Tajiquistão	80	55	50	45	40	35	35	40
Ucrânia	50	50	40	30	25	20	-	-
Outros países	-	223	200	-	-	830	380	448
Totais para atividades informadas (arredondados)	3000	2200	3400	2600	2900	2800	2200	

Notas: Esta tabela foi adaptada da Tabela 7.2 de UNEP, 2002.

nr – dados não revelados nas referências bibliográficas.

NR –Não relevante ou não disponível.

[1] As cifras (estimadas) para a Argélia em 2003 e 2004foram informadas como sendo 300 e 400, respectivamente. Fonte: http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/mercury/mercumcs05.pdf.

[2] As cifras (estimadas) para a China em 2003 e 2004 foram informadas como sendo 610 e 650, respectivamente. Fonte: Idem

[3] As cifras para a Finlândia de 1993-1997 são do Instituto Ambiental Finlandês (1999) e representam derivados de mercúrio da produção de zinco;

[4] As cifras (estimadas) para o Quirguistão em 2003 e 2004foram informadas como sendo 300 e 300, respectivamente. Fonte: http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/mercury/mercumcs05.pdf.

[5] A Espanha relatou uma produção em 2000 de 237 toneladas das minas de mercúrio espanholas. As cifras (estimadas) para a Espanha em 2003 e 2004foram informadas como sendo 150 e 200, respectivamente. Fonte: http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/mercury/mercumcs05.pdf.

390. Apesar de uma quedano consumo global de mercúrio (a demanda global é metade dos níveis de 1980)da oferta proveniente de fontes alternativas e dos preços baixos, a produção primária de mercúrio da mineração ainda ocorreem alguns países. Enquanto sejam conhecidos cerca de 25 minerais principais de mercúrio, praticamente os únicos depósitos que foram explorados para extração do mercúrio são de cinábrio (UNEP, 2002).

391. O mercúrio é extraído por meio de processos pirometalúrgicos. Consulte European Commission (2001) para uma descrição desses processos.

5.2.1.2 Principais fatores que determinam as liberações e emissões de mercúrio

Tabela 5-40 Principais liberações e meios receptores durante o ciclo de vida da extração primária e do processamento do mercúrio

Fase do ciclo de vida	Ar	Água	Solo	Produto	Resíduos em geral	Destinação/tratamento específico do setor
Extração e processamento	X	X	X	X		X

Notas: X – Via de liberação que se espera seja predominante na subcategoria
x – Outras vias de liberação a serem consideradas em função da situação nacional e da fonte específica

5.2.1.3 Análise das entradas de mercúrio

Tabela 5-41 Visão geral dos dados de taxas de atividades e tipos de fatores de entrada de mercúrio necessários para estimar as liberações advindas da produção primária de mercúrio

Dados potenciais para as taxas de atividades a serem usados para estimar as liberações	Possível fator de entrada
Quantidade total de mercúrio produzida	Entrada de mercúrio por unidade de mercúrio produzida

392. O mercúrio é um componente natural da Terra, com uma abundância média de aproximadamente0,05 mg/kg na crosta terrestre, com variações locais significativas. Os minérios de mercúrio que são extraídos geralmente contêm cerca de 1% de mercúrio, embora os estratos na Espanha tipicamente contêm até 12-14% de mercúrio (UNEP, 2002).

393. Estimativas de mercúrio foram realizadas para uma das maiores instalações de mineração de mercúrio no mundo em Idrija, Eslovênia, encerradas em 1995. Para o período total de 1961-1995, 9.777 toneladas de mercúrio foram extraídas de 4,2 milhões de toneladas de minério. Para o mesmo período foram perdidas no meio ambiente 243 toneladas de mercúrio, 168 das quais depositadas em aterros sanitários como resíduos de fundição, 60 emitidas para a atmosfera com os gases de combustão e 15 liberadas no rio Idrija com a água de condensação (KOTNIK et al., 2004).

5.2.1.4 Exemplos de mercúrio em liberações e resíduos/rejeitos

394. Pirrone and Mason (EDS., 2008) citaram Qi (1998) com o fator de emissão atmosférica de 45 kg Hg/tonelada de Hg produzida (provavelmente de fundições chinesas de mercúrio).

395. A partir da mina Khaidarkan no Quirguistão, estimou-se que nos últimos anos (antes de 2008) a instalação emitiu cerca de 3,5 toneladas de mercúrio (Equipe de mercúrio para o Quirguistão daUNEP, UNITAR e Zoï Environment Network (2009)).

396. Veja também informações acima.

5.2.1.5 Fatores de entrada e fatores de distribuição de saídas

397. Com base nas informações limitadas apresentadas acima, os seguintes fatores-padrão preliminares de entrada e distribuição são sugeridos para uso naqueles casos em que não existam dados específicos da fonte. Para esta categoria de fonte, recomenda-se fortemente

tentar conseguir dados específicos da instalação, já que a situação de liberação poderá variar substancialmente de acordo com o esquema da produção local e dos equipamentos de prevenção de liberação que tenham sido instalados.O principal motivo de usarem-se os fatores-padrão é obter uma primeira impressão da importância dessa subcategoria para o país. Em princípio, as estimativas de liberação teriam que ser mais aprimoradas (após o cálculo com fatores-padrão) antes que qualquer ação de largo alcance fosse empreendida com base nestas estimativas.

a) Fatores-padrão de entrada de mercúrio

398. Se não houver informações específicas do local disponíveis, uma primeira estimativa poderá ser realizada usando os fatores-padrão de entrada selecionados na Tabela 5-42 a seguir(com base nos conjuntos de dados apresentados nesta seção). Como as concentrações variam muito, recomenda-se calcular e informar intervalos para as entradas de mercúrio nesta categoria de fonte. O limite inferior dos fatores-padrão foram estabelecidos para indicar uma estimativa baixa para a entrada de mercúrio para a categoria de fonte (mas não o mínimo absoluto) e o limite superior resultará numa estimativa elevada (mas não o máximo absoluto). Se intervalos não forem usados, recomenda-se o emprego do valor máximo para indicar a possível importância da categoria de fonte para outras investigações. O uso do limite superior não implica automaticamente que as verdadeiras liberações sejam tão altas assim, apenas que deverá ser objeto de mais investigações.

Tabela 5-42 Fatores-padrão preliminares de entrada para a produção de mercúrio

Material	Fatores-padrão de entrada; kg entrada de mercúrio por tonelada de mercúrio produzido;inferior-superior (intermediário)
Mercúrio em minério	1.020-1.040 (1.030)

b) Fatores-padrão de distribuição de saídas de mercúrio

399. Um conjunto preliminar de fatores-padrão de distribuição de saídas com base em dados da Eslovênia apresentados acima encontra-se na tabela a seguir. Fatores de distribuição específicos do local devem ser utilizados, se disponíveis.

Tabela 5-43 Fatores-padrão *preliminares* de distribuição de saídas para a produção primária de mercúrio

Fase do ciclo de vida	Ar	Água	Solo *1	Produto	Resíduos em geral * 1	Destinação/tra-tamento específico do setor *1
Produção de mercúrio a partir do minério *2	0,0073	0,0017	0,0201	-	?	?

Obs.: *1: Distribuição real dos resíduos nas formas possíveis de deposição poderá variar entre países; aqui foi atribuída ao solo para indicar um possível pior caso (depósito local de rejeitos sem membranas). Ajustar com informações específicas do local, se disponíveis.

*2: A entrada total de mercúrio no processo é o que chamamos de "entrada calculada de Hg", mas para esta subcategoria de fonte específica, apenas parte do mercúrio que é liberado durante a produção está incluída nas estimativas de liberação. Portanto, os fatores de distribuição de saídas apenas totalizam a parcela de mercúrio liberada. Os fatores de distribuição de saídas apresentados correspondem ao ar: 25%, água: 6% e solo: 69% das liberações totais.

c) Links para outras estimativas de fontes de mercúrio

400. Nenhum link sugerido.

5.2.1.6 Principais dados específicos da fonte

401. Os dados específicos da fonte mais importantes neste caso seriam:

- dados medidos das concentrações de mercúrio nos minérios e concentrados extraídos e processados na fonte;
- quantidade de minério extraído e processado; e
- dados medidos da distribuição de saídas de mercúrio com (de preferência, todos) os fluxos de saídas, incluindo a porcentagem de mercúrio retida pelo equipamento de redução de emissões utilizado na fonte (ou fontes semelhantes com equipamentos e condições de operação muito semelhantes).

5.2.1.7 Principais dados específicos da fonte

402. Os dados específicos da fonte mais importantes neste caso seriam:

- quantidade de minério processado e concentrações de mercúrio nesses minérios;
- quantidade de mercúrio recuperado;
- quantidade de mercúrio perdido por unidade de minério processado ou por unidade de mercúrio recuperado; e
- tecnologias de controle presentes e o desempenho desses controles.

5.2.2 EXTRAÇÃO DE OURO E PRATA COM PROCESSO DE AMALGAMAÇÃO

5.2.2.1 Descrição da subcategoria

403. O mercúrio tem sido usado na mineração de ouro e prata desde os tempos romanos. Geralmente, esse processo de mineração consiste no seguinte: o minério (ou lama ou concentrado de minério) úmido é misturado ao mercúrio metálico (líquido); o mercúrio dissolve (amalgama) o ouro ou a prata na lama; a lama restante é lavada deixando um amálgama mercúrio-ouro (-prata); e o amálgama é então aquecido para liberar o mercúrio, restando o ouro e/ou prata impuros. O mercúrio liberado na biosfera devido a esta antiga atividade de extração de ouro e prata com amálgama de mercúrio pode ter atingido mais de 260.000 toneladas no período de 1550-1930, após o qual as reservas de ouro e prata conhecidas e facilmente exploráveis foram quase exauridas e o processo de amálgama de mercúrio foi substituído em parte pelo processo mais eficiente em grande escala de cianetação, permitindo a extração de ouro (e/ou prata) de grandes depósitos em minérios de baixa concentração (UNEP, 2002).

404. Os aumentos nos preços do ouro e a difícil situação socioeconômica prevalecente na década de 1970 resultaram em novas corridas do ouro, especialmente no Hemisfério Sul, com a participação de mais de 10 milhões de pessoas em todos os continentes. Atualmente, o amálgama de mercúrio é utilizado na extração do ouro em muitos países da América do Sul, Ásia e África. Por exemplo, no Brasil, o amálgama de mercúrio foi usado na produção de 5,9 toneladas de ouro em 1973. Em 1988, esse número tinha aumentado para mais de 100 toneladas por ano. Durante os anos 90, esse número diminuiu novamente devido à queda nos preços do ouro e depósitos exauridos (Universidade de Uppsala, citada em UNEP, 2002); ainda assim a atividade persiste em muitos países no mundo em desenvolvimento e também está aumentando com a subida nos preços do ouro.

405. Com base em estudos de diversos pesquisadores,estimou-se que entre 350 e 1.000 toneladas de mercúrio foram usadas no mundo por ano nos anos 90 para a mineração de ouro artesanal em pequena escala (UNEP, 2002). As últimas estimativas para o fornecimento atual de mercúrio ("consumo") é de 990-2.200 toneladas em 2010 (Mercurywatch.org, 2012).

5.2.2.2 Principais fatores que determinam as liberações e saídas de mercúrio

Tabela 5-44 Principais liberações e meios receptores da extração de ouro e prata com o processo de amálgama de mercúrio

Fase do ciclo de vida	Ar	Água	Solo	Produto	Resíduos em geral	Destinação/tratamento específico do setor
Extração de ouro e prata com processo de amalgamação de mercúrio	X	X	X			

Notas: X – Via de liberação que se espera seja predominante na subcategoria.
x – Outras vias de liberação a serem consideradas em função da situação nacional e da fonte específica. (?? x)

406. O mercúrio é liberado diretamente dessas atividades de mineração para o ar, água, sedimentos e solo. O amálgama mercúrio-ouro do processo de extração libera mercúrio na forma de vapor para o ar quando aquecido em uma das etapas da purificação. Muitas vezes não há retenção do mercúrio evaporado. Às vezes a etapa de evaporação é realizada em "retortas", nas quais parte do mercúrio evaporado é condensado e reutilizado. O mercúrio também está presente nos rejeitos da mineração, que pode levar a futuras liberações para o solo, água e ar. O mercúrio é encontrado nos locais de extração, postos de comércio e no solo, plantas, sedimentos e cursos d'água na região dessas operações. O processo de extração do ouro é simples e barato, mas não muito eficiente, nem em termos de recuperação de ouro nem de retenção do mercúrio. O processo resultou em intensa poluição por mercúrio do meio ambiente terrestre, aquático e atmosférico em grandes áreas em torno dessas operações e também contribuiu de forma significativa para os níveis de mercúrio no meio ambiente global (COWI, 2002).

5.2.2.3 Análise das entradas de mercúrio

Tabela 5-45 Visão geral dos dados de taxa de atividade e tipos de fatores de entrada de mercúrio necessários para calcular as liberações da extração de ouro e prata mediante o processo de amalgamação de mercúrio

Dados potenciais para as taxas de atividades a serem usados para estimar as liberações	Possível fator de entrada
Quantidade total de ouro (ou prata) produzidos utilizando essas técnicas	Estimativa da taxa média de mercúrio consumido por unidade de ouro ou prata produzida com os materiais de insumo e a tecnologia prevalecente na área sob investigação
Ou Compras totais anuais de mercúrio (consumo) para mineração artesanal	(Fator é 1, já que o consumo de mercúrio é a entrada em si)

Obs. *1: Os cálculos-padrão da entrada de mercúrio na planilha do Inventário Nível 2 têm por base a quantidade de ouro produzida, mas se houver dados sobre o total da compra anual de mercúrio, estes podem ser introduzidos diretamente nos cálculos. Para a maioria dos países com atividades de mineração artesanal e em pequena escala, as estimativas de consumo de mercúrio podem ser encontradas em www.mercurywatch.org.

407. Estudos sobre o uso e liberações de mercúrio a partir da mineração de ouro artesanal e em pequena escala só podem fornecer estimativas aproximadas, e, sempre que possível, recomenda-se estudos de campo. Estimativas indicativas de entradas potenciais de mercúrio para a mineração de pequena escala podem ser realizadas com regras simples, mas podem haver outros fatores quando se busca qualificar mais as estimativas de entrada e liberação de mercúrio num país ou região. Esses fatores são analisados aqui. Observe que muitas áreas de mineração artesanal foram investigadas por peritos do campo e poderão existir avaliações do consumo de mercúrio e essas devem ser incluídas nas pesquisas realizadas. Também se podem encontrar estimativas de consumo de mercúrio para a maioria dos países com atividades de mineração artesanal em

www.mercurywatch.org, e esses dados podem ser usados para uma primeira estimativa das liberações totais de mercúrio da mineração artesanal e em pequena escala.

408. Os principais fatores que influenciam as entradas e liberações de mercúrio são:

- ouro total produzido por garimpeiro utilizando mercúrio;
- número total de garimpeiros;
- quantidade de mercúrio consumido por ouro produzido – isso varia com a prática, sendo que a amalgamação com todo o minério consume muito mais mercúrio do que a amalgamação com um concentrado do minério; e
- a porcentagem de mercúrio reciclado (0% sem retortas, 75-95% com retortas ou exaustores de fumos).

409. A quantidade de mercúrio utilizada por unidade de ouro (ou prata) extraída varia de acordo com os métodos e equipamentos usados, entre outros fatores. Por exemplo, se o mercúrio for usado para extrair ouro de todo o minério e não forem utilizados dispositivos de recuperação, a relação da quantidade de mercúrio utilizada e da quantidade de ouro extraída (Hg_{usado}:$Au_{extraído}$) é >3:1 (isto é, mais de 3 kg de mercúrio usados por cada quilo de ouro obtido). Se o mercúrio é usado no concentrado do minério (em vez de todo o minério), a relação (Hg_{usado}:$Au_{extraído}$) é de cerca 1,3:1. Se forem usados concentrados de minério e retortas, a quantidade de mercúrio utilizada é muito menor (a taxa pode ser de 0,1; a faixa de 0,05-0,2) (TELMER, 2012; UNIDO, 2003). Lacerda (1997) analisou a literatura sobre quantidades estimadas de mercúrio por quilo de ouro produzido com o processo de amalgamação e relatou que, embora esses fatores de entrada variassem enormemente, a maior parte se encontrava na faixa de 1-2 kg de mercúrio por quilo de ouro produzido. Mas, desde então, outras observações mostraram taxas de consumo de mercúrio na ordem de 20 Hg:1 Au, quando o mercúrio é colocado diretamente no circuito de moagem e essas taxas podem atingir até 50 Hg : 1Au, quando os minérios contêm concentrações significativas de prata, que forma um amálgama mais pobre com maior concentração de mercúrio.

410. Além do uso pretendido do mercúrio, outra fonte de mercúrio – e geralmente menor – na mineração de pequena escala é a mobilização de impurezas de mercúrio que ocorrem naturalmente no minério de ouro (COWI, 2002).

5.2.2.4 Exemplos de mercúrio em liberações e resíduos/rejeitos

411. A porcentagem de mercúrio perdido e as vias de liberação variam com o método de amalgamação. Se não houver controle e o amálgama for aquecido em recipientes abertos para evaporar o mercúrio, então todo o mercúrio do amálgama é liberado ao ar e nenhum mercúrio é recuperado. Por outro lado, se for usada uma retorta, as liberações na atmosfera serão menores porque parte do mercúrio é recuperado na retorta e reutilizado. De acordo com a UNIDO (2003) a recuperação do mercúrio do processo varia de 51-99%. Telmer (2012) afirma que a recuperação média é de 80-95%.

412. De acordo com Lacerda, estima-se que 65-87% das entradas de mercúrio são liberadas para a atmosfera e o resto é liberado nos ambientes aquáticos e terrestres (LACERDA, 1997, citado em UNEP, 2002).

413. De acordo como estimativas mais recentes de Telmer e associados em UNEP/AMAP (2012), estima-se que, na média, 45% do mercúrio utilizado na mineração artesanal é liberado na atmosfera, sendo que o restante é liberado no solo e na água. Nas regiões onde o concentrado de amalgamação de minério é praticado, 75% do mercúrio é liberado para a atmosfera (embora a quantidade absoluta do mercúrio utilizado é geralmente mais baixa do que em outras práticas, como a amalgamação de todo o minério). Os locais que praticam o uso de amalgamação de

todo o minério utilizam muito mais mercúrio por unidade de ouro produzido, mas liberam uma porção muito maior de mercúrio aos sistemas terrestres e aquáticos. Eventualmente, a maior parte do mercúrio que entrou na água será emitido para a atmosfera ao longo dos anos devido à evaporação secundária. Estimativas da Austrália e Canadá sugerem que uma grande parcela do mercúrio utilizado nas operações de mineração históricas dos anos 1800 já foi remobilizada.

414. Telmer (2012) acrescenta que quando a amalgamação de todo o minério é praticada, muito mais mercúrio é usado, mas uma pequena porcentagem do uso total é emitida no ar (25%), porque grande parte termina nos rejeitos e outros resíduos. Mas a quantidade do que é liberado no ar ainda é muito grande, porque a intensidade da utilização do mercúrio é tão maior. Quando concentrados e retortas são usados, menos mercúrio é utilizado e uma fração – cerca de 90% – do mercúrio emitido por outras vias é capturado na retorta e reutilizado; portanto, apenas 10% dos 75%, isto é, 0,075% é emitido no ar (o fator de 0,1 aplicado ao fator de 0,75). A distribuição do resto das liberações de mercúrio na água e no solo irá variar de acordo com as condições locais, e é difícil dizer algo generalizado a respeito.

415. Com o uso de retortas o mercúrio capturado pode ser reutilizado após a reativação, um processo pelo qual as impurezas são retiradas do mercúrio reciclado para que a amalgamação seja melhor no próximo ciclo de uso. Se for presumido uma perda de mercúrio de 5% (para a água e solo) em cada reativação, pode-se calcular que, ao final, cerca de 20% do mercúrio usado (para amalgamação de concentrados com uso de retortas) será emitido na atmosfera e os restantes 80% serão liberados no solo e na água.

416. Em diversos países há exemplos de programas para promover equipamentos de extração de metais que usem mercúrio e sejam menos poluentes, aumentar a conscientização das características perigosas do mercúrio e fornecer mais assistência e informações sobre aspectos ambientais, sociais e empresariais. Alguns projetos também estão avaliando ou tentando fortalecer as possibilidades e capacidades das autoridades para aplicar os regulamentos ambientais nas áreas de mineração de ouro de pequena escala em:

> http://www.unep.org/hazardoussubstances/Mercury/GlobalMercuryPartnership/tabid/1253/Default.asp x.

417. Uma referência útil sobre como o mercúrio é usado na mineração artesanal é o documento do PNUMA intitulado Practical Guide: Reducing mercury use in artisanal and small-scale gold mining:http://www.unep.org/hazardoussubstances/Portals/9/Mercury/Documents/ASGM/Techdoc/UNEP%20Tech%20Doc%20APRIL%202012_120619%20with%20links_web.pdf.

418. A atualização do *MercuryWatch.org* nos últimos 3 anos permitiu o desenvolvimento de fatores gerais de saída para o ar, água e solo do mercúrio liberado na mineração de ouro artesanal e em pequena escala. Estima-se que, devido a diversas práticas diferentes, os fatores médios de emissão atmosférica na região variam de 0,25% até 0,75% do mercúrio utilizado e que no mundo inteiro, 45,2% do mercúrio da mineração artesanal do ouro são emitidos diretamente à atmosfera (TELMER, 2012).

Recomendações para calcular as liberações de mercúrio advindas das operações de mineração

Telmer em UNEP/AMAP (2012) afirma o seguinte sobre as estimativas das liberações de mercúrio na mineração artesanal do ouro: "A quantidade total de mercúrio usado na mineração artesanal pode ser estimada utilizando 4 abordagens principais: (1) medidas diretas – utilizando uma balança para pesar diretamente as quantidades de mercúrio usadas; (2) aplicando a razão de mercúrio para ouro (Hg:Au) às estimativas da produção de ouro com base no tipo de beneficiamento usado (amalgamação de todo o minério ou amalgamação do concentrado

ou o uso de controles de emissão como retortas, etc.); as estimativas da produção de ouro podem vir do número de garimpeiros que estejam trabalhando ativamente e sua produção de ouro anual média, ou outras fontes como relatórios governamentais sobre a produção de ouro ou as populações de garimpeiros; (3) entrevistas com garimpeiros e comerciantes de ouro que compram ou vendem mercúrio; (4) uso de dados oficiais do comércio. As primeiras três abordagens envolvem trabalho direto com os garimpeiros e comerciantes de ouro. Essa informação pode ser usada depois para restringir, por meio de triangulação, uma estimativa mais robusta da quantidade de mercúrio utilizada e liberada no meio ambiente e a quantidade emitida na atmosfera.

Os resultados mais confiáveis se baseiam no trabalho de campo e no relacionamento com as partes interessadas. Para tanto, as pessoas que realizam as estimativas devem ter capacidade de compreender as práticas de mineração e comércio do ouro. As práticas de uso do mercúrio e da produção do ouro são os itens chave das informações. Para isso, é necessário juntar as informações de dados de campo, garimpeiros, comunidades de garimpo, compradores, comerciantes, levantamentos geológicos, ministérios responsáveis pela mineração, comissões de mineração, setor privado, comunicados de imprensa de empresas de exploração, revistas da indústria, ministérios de meio ambiente, e outros. Essas informações devem ser analisadas para se entender o que é razoável com base no conhecimento especializado de geologia, mineração, práticas de mineração artesanal, comunidades de mineração e socioeconomia. O resultado da análise deve ser discutido com as partes interessadas como os garimpeiros, detentores das concessões, governos locais e governos nacionais para obter sua contribuição e ajudar restringir a análise.

As questões fundamentais que precisam ser respondidas a fim de obter uma estimativa anual do uso de mercúrio e das emissões são:

1. Usa-se mercúrio?
2. Que práticas são empregadas? (Considere: amalgamação de todo o minério? Amalgamação do concentrado? Reciclagem/reativação do mercúrio?)
3. Quanto mercúrio é consumido por unidade de ouro? – gramas de mercúrio perdidos por gramas de ouro produzido? (Considere: os garimpeiros descartam o mercúrio usado? Os garimpeiros usam retortas ou reciclam mercúrio?)
4. Quanto ouro produzem os garimpeiros por ano, individual e coletivamente?
5. Qual é o número total de garimpeiros?

419. A forma das perguntas precisa ser adaptada às condições locais. Por exemplo, muitas vezes é necessário converter a quantidade de ouro produzida por dia para uma cifra anual levando em conta outras informações sobre os hábitos de trabalho ao longo do ano – por exemplo, como varia o trabalho em cada estação.

5.2.2.5 Fatores de entrada e fatores de distribuição de saídas

420. Com base nas informações compiladas acima sobre as entradas e saídas e dos principais fatores que determinam as liberações, os seguintes fatores-padrão preliminares de entrada e distribuição são sugeridos para uso naqueles casos em quenão existam dados específicos da fonte. Sublinha-se que os fatores-padrão sugeridos se baseiam num banco de dados limitado e, como tal, devem ser considerados sujeitos a revisões à medida que se amplie o banco de dados.

421. O principal motivo de usarem-se os fatores-padrão é obter uma primeira impressão para saber se a subcategoria é uma fonte significativa de liberação de mercúrio no país. Em princípio, as estimativas de liberação teriam que ser mais aprimoradas (após o cálculo com fatores-padrão) antes de qualquer ação de largo alcance fosse empreendida com base nessas estimativas.

a) Fatores-padrão de entrada de mercúrio

422. Como já mencionado, informações específicas sobre os métodos de extração do ouro utilizados proverão as melhores estimativas de entrada de mercúrio. Caso não haja informações específicas disponíveis sobre as entradas de mercúrio, o fator-padrão de entrada indicado abaixo poderá dar uma ideia geral sobre as potenciais entradas de mercúrio neste setor. Se não houver informações sobre se são utilizados concentrados ou o minério inteiro e sobre o uso de retortas, recomenda-se calcular um intervalo utilizando os fatores inferiores e superiores da tabela a seguir para indicar a possível faixa das entradas.

Tabela 5-46 Fatores-padrão *preliminares* de entrada para o consumo de mercúrio na extração de ouro com uso do processo de amalgamação de mercúrio

Processo	Fatores-padrão de entrada;kg de mercúrio por kg de ouro produzido
Extração de todo o minério	3
Extração do concentrado	1,3
Extração do concentrado e com uso de retortas e reciclagem de mercúrio (veja texto acima)	0,1

b) Fatores-padrão de distribuição de saídas de mercúrio

423. Com base na descrição acima, os seguintes fatores-padrão de distribuição de saídas são sugeridos para mineração de ouro (e prata) que utiliza o processo de amalgamação de mercúrio

Tabela 5-47 Fatores-padrão *preliminares* de distribuição de saídas sugeridos para a extração de ouro (e prata) com amalgamação de mercúrio

	Ar	Água *1	Solo *1	Produtos	Resíduos em geral	Destinação/tratamento específico do setor
Extração de ouro com amalgamação de mercúrio; cenário conjunto médio	0,45	0,3	0,25			
Extração de todo o minério (sem uso de retorta)	0,25	0,4	0,35			
Extração do concentrado (sem uso de retorta)	0,75	0,13	0,12			
Extração do concentrado e com uso de retortas e reciclagem de mercúrio	0,2	0,4	0,4			

Notas: 1* A distribuição neste caso para a água e para o solo é uma hipótese. As distribuições irão variar de acordo com as condições locais.

c) Links para outras estimativas de fontes de mercúrio

424. Nenhum link sugerido.

5.2.2.6 Principais dados específicos da fonte

425. Como já mencionado, estudos sobre o uso e liberações de mercúrio a partir da mineração de ouro artesanal e em pequena escala só podem fornecer estimativas aproximadas e, sempre que possível, recomenda-se estudos de campo. Observe que muitas áreas de mineração artesanal foram investigadas por peritos do campo e poderão existir avaliações do consumo de mercúrio, e estas devem ser incluídas como partes centrais da elaboração do inventário.

426. Observe que para a maioria dos países com atividades de mineração artesanal e em pequena escala, as estimativas nacionais de consumo de mercúrio podem ser encontradas em:

www.mercurywatch.org.

5.2.2.7 Resumo da abordagem geral de cálculo das liberações

427. Veja análises descritas anteriormente.

5.2.3 EXTRAÇÃO E PROCESSAMENTO INICIAL DE ZINCO

428. Schwarz (1997) estimou que a produção global de zinco leva à mobilização de centenas de toneladas de mercúrio por ano — uma estimativa conservadora para 1995 foi de 600 toneladas —, fazendo com que a produção de zinco seja uma das maiores fontes de saídas de mercúrio em termos do mercúrio secundário comercializado e suas possíveis liberações. No entanto, as emissões para a atmosfera da produção de metais não-ferrosos têm diminuído substancialmente em alguns países nas últimas décadas (ENVIRONMENT CANADA, 2002; UNEP, 2002; HYLAND AND HERBERT, 2008).Estimaram que cerca de 275 toneladas de mercúrio foram emitidas para a atmosfera da produção de zinco, cobre e chumbo, sendo que metade veio da produção de zinco e cerca de 228 toneladas de mercúrio foram retidas pelos sistemas de depuração de gases de combustão na produção de zinco em todo o mundo.

429. Os processos envolvidos na extração de metais não-ferrosos estão bem descritos. Veja, por exemplo: European Commission, 2001 e Environment Canada, 2002 (RENTZ et al., 1996 e ZHANG et al., 2012). No entanto, descrições quantitativas dos balanços de massa nessas operações — as respectivas estimativas de entrada e distribuição de saída — parecem quase não serem publicadas e as solicitações de dados ao setor de mineração para este Toolkit não produziram resultados.

430. A mineração industrial e as operações de extração de metal em grande escala são menos numerosas em qualquer país onde operam, suas matérias-primas e configurações de produção variam de forma significativa e podem ser importantes fontes de liberação de mercúrio. Comesses fatores, recomenda-se fortemente fazer uso de uma abordagem de fonte pontual no inventário e, se viável, compilar dados específicos das fontes pontuais junto às próprias empresas dedicadas a essa atividade, bem como junto a outras fontes de dados relevantes com conhecimento das instalações de produção específicas.

5.2.3.1 Descrição da subcategoria

431. O minério para a extração de zinco (principalmente minério sulfurado) pode conter vestígios de mercúrio. Durante o processo de extração do zinco do minério, são usados processos que liberam mercúrio do material da rocha. Esse mercúrio poderá evaporar e se juntar aos fluxos gasosos nos processos de extração (na maioria dos casos) ou se juntar a fluxos de processo líquidos, dependendo da tecnologia de extração utilizada. Salvo se o mercúrio for capturado por etapas de processo dedicadas para este fim, a maior parte provavelmente será liberada para a atmosfera e para ambientes aquáticos e terrestres. O mercúrio retido poderá ser vendido na forma de "calomelano" (Hg_2Cl_2), para a extração do mercúrio metal em outros locais, ou como mercúrio elementar beneficiado no local, ou poderá ainda ser armazenado ou depositado como resíduos sólidos ou pastosos. A comercialização dos subprodutos recuperados de mercúrio da extração do zinco e outros metais não ferrosos responde por uma grande parcela do atual abastecimento global de mercúrio. Além dessas vias de saídas, parte da entrada de mercúrio segue a coprodução do ácido sulfúrico (OUTOTEC, 2012; EUROPEAN COMMISSION, 2001).

432. A produção primária de zinco geralmente inclui os seguintes processos: concentração de minério de zinco, oxidação (ustulação ou sinterização) do concentrado de zinco, produção de zinco (por meio de processo eletroquímico ou térmico) e refino do zinco. A produção primária do zinco é muitas vezes acompanhada da produção de ácido sulfúrico, usando processos padronizados; também diversos subprodutos metais são gerados como Cu, Pb, Ag e Au, entre outros, dependendo do tipo de minério/concentrado usado.

433. A fim de ilustrar os princípios que influenciam as liberações de mercúrio na extração de larga escala de metais não ferrosos, os tipos de processos estão descritos abaixo de forma mais detalhada, utilizando a produção de zinco como exemplo.

Extração de minério e produção de concentrados

434. O minério é extraído de poço aberto ou minas subterrâneas, e frações ricas em zinco são separadas dos resíduos de rochas — após trituração e moagem para reduzir o tamanho das partículas — por processos de separação mecânica, geralmente flotação ou outros processos que empregam a suspensão na água.

435. Existem diferentes tipos de minério de zinco, e seu uso varia um pouco de acordo com a tecnologia de extração empregada, detalhada a seguir, mas o mineral sulfídico, ZnS, chamado de "blenda" ou "esfalerita", é o minério mais importante economicamente para a extração de zinco (ULLMANN, 2000).

436. O concentrado produzido é transportado para as usinas de extração, que podem receber concentrados de minas próximas e também do mercado global. Por exemplo, algumas usinas no Canadá recebem principalmente concentrado de minas locais, enquanto que grande parte do concentrado processado nas unidades europeias de produção de zinco europeu é importada do mercado global (ENVIRONMENT CANADA, 2002; EUROPEAN COMMISSION, 2001).

437. Resíduos de rochas com pouco ou nenhum teor de metal e as partes do material de minério rejeitado que tenham sido separados do concentrado rico em zinco (partes dos chamados rejeitos) geralmente são armazenados no local em lagoas de resíduos, pilhas e baterias de resíduos ou depositados nas minas.

438. Os resíduos e rejeitos de rocha poderão — assim como os concentrados gerados — conter vestígios de mercúrio. Esse material é muito mais suscetível ao intemperismo do que os depósitos originais, devido ao tamanho reduzido das partículas e maior acessibilidade do ar e precipitação. Para os minérios sulfurados, que são tipos importantes de minério para a produção de diversos metais comuns, esse intemperismo libera e oxida o enxofre contido neles e produz o ácido sulfúrico. O ácido torna os constituintes (provavelmente incluindo mercúrio) mais solúveis, portanto, provavelmente aumenta em muitas vezes a lixiviação do metal para o meio ambiente, em comparação com o depósito do mineral intocado. Esse processo é chamado de "drenagem ácida de mina" (ou DAM), e é considerado uma séria ameaça ao meio ambiente (EUROPEAN COMMISSION, 2003).

439. Poucos dados foram identificados em relação às concentrações de mercúrio em minério bruto e material de rejeitos, mas recentemente foram publicados mais dados sobre os concentrados de zinco. Dados quantitativos sobre a liberação de mercúrio de resíduos de rocha e rejeitos da mineração para o ar, água e solo não foram identificados. Mas esta fonte de liberação não deve ser ignorada, pois até concentrações moderadas de mercúrio no material poderão mobilizar quantias substanciais de mercúrio por causa das enormes quantidades de materiais manipuladas nas operações de mineração.

Extração de zinco do concentrado

440. Uma unidade de extração de zinco é uma usina de produção química/mecânica que compreende uma série de operações individuais, geralmente seguindo um de dois princípios, chamados de produção "hidrometalúrgica" e "pirometalúrgica", que têm semelhanças no que se refere ao padrão de liberação de mercúrio, pois a maior parte do mercúrio evapora na oxidação inicial dos concentrados minerais que contêm mercúrio. A seguinte descrição se concentra estritamente nos aspectos relevantes às entradas e liberações de mercúrio. Descrições técnicas e visão geral adicionais podem ser encontradas em, por exemplo, (EUROPEAN COMMISSION, 2001), (ENVIRONMENT CANADA, 2002), (RENTZ et al., 1996) e (FUGLEBERG, 1999).

Ustulação ou sinterização

441. Nos dois princípios há uma oxidação inicial (ustulação ou sinterização) do concentrado de zinco para eliminar a maior parte do enxofre no concentrado antes do resto do beneficiamento. A sinterização necessita da adição de combustíveis (óleo ou gás natural), que poderá ser uma fonte adicional, menor, de entradas de mercúrio, enquanto que a ustulação produz energia (por meio da oxidação do enxofre) e não requer adição de combustíveis (EUROPEAN COMMISSION, 2001). Tanto a sinterização quanto a ustulação ocorrem a temperaturas elevadas (ustulação até 1.000°C; RENTZ et al.) e a maior parte do mercúrio presente no concentrado evapora nesta etapa da oxidação. Se a fábrica for equipada com uma unidade de produção de ácido sulfúrico (que frequentemente acontece), a maior parte do mercúrio inicialmente acompanha o fluxo de gás até a unidade de ácido.

442. Processos de geração de poeiras, inclusive secadores de concentrados úmidos, a quebra de material da sinterização e da ustulação, podem ser equipados com filtros de manga ou outros filtros (RENTZ et al., 1996) retendo (parte das) poeiras, que possivelmente contém uma parcela das entradas de mercúrio. Essas poeiras retidas são muitas vezes recicladas de volta ao processo, onde qualquer mercúrio retido é reintroduzido no fluxo de materiais e poderá se tornar sujeito a liberações no meio ambiente.

Limpeza de gases de escape da ustulação e sinterização

443. Primeiro, o gás passa através de uma sequência de filtros de partículas, geralmente ciclones (que retêm partículas maiores), precipitadores eletrostáticos quentes (partículas finas) e precipitadores eletrostáticos úmidos. A umidade e as partículas também podem ser controladas pelo uso de lavadores. Os ciclones e os PES quentes geram resíduos sólidos secos, que podem conter mercúrio, e os PES úmidos e lavadores geram lodos, que provavelmente podem conter mais mercúrio do que os resíduos iniciais devido às temperaturas mais baixas e conteúdo de partículas finas. Esses resíduos podem ser reciclados em outras fases das operações de extração ou destinados no local, dependendo da configuração da usina e do conteúdo dos metais comercializáveis nos resíduos. Águas residuais do lodo contêm mercúrio e precisam ser tratadas para isolar o mercúrio e outros componentes perigosos da descarga de águas residuais.

444. Ressalta-se que o mercúrio deve estar primariamente presente na fase de gás nas etapas da limpeza dos gases de escape e em outras etapas decisivas do processo das operações de fundição/extração. Ao contrário da maioria dos outros metais pesados, partes substanciais de mercúrio estão presentes na fase elementar gasosa e não estão associadas a partículas nos gases de escape, e essas partes não serão bem retidas nos filtros de partículas. Outras partes são oxidadas e podem ser retidas nos filtros e lavadores de partículas presentes.

445. Se a fundição não estiver equipada com uma etapa específica para remoção do mercúrio após os filtros de partículas, o mercúrio remanescente — ainda uma parte substancial das entradas de mercúrio — é liberado para a atmosfera ou é absorvido no ácido sulfúrico, um subproduto comercializado.

446. Se a fundição estiver equipada com uma etapa de remoção de mercúrio antes da unidade de ácido, o mercúrio é separado do gás por meio de métodos específicos para esse fim, por exemplo, na forma de calomelano (Hg_2Cl_2 — muitas vezes usado para a produção de mercúrio-metal). Diferentes métodos, descritos a seguir, são utilizados para essa finalidade.

447. Às vezes as concentrações de mercúrio são mais reduzidas no ácido sulfúrico produzido antes da venda, por exemplo, pelo uso do processo chamado de "Intercâmbio de Iones Superlig" (reduz as concentrações de mercúrio para < 5 ppm ou mg/l)) ou do processo "Iodeto de Potássio". Em documento de referência da UE sobre a produção de metais não-ferrosos consta que a especificação de produto (do ácido sulfúrico) é geralmente < 0,1 ppm (mg/l) (European

Commission, 2001). Esse valor deve ser visto numa perspectiva europeia. Provas casuísticas indicam que o ácido sulfúrico com elevadas concentrações de mercúrio poderá encontrar mercado para alguma finalidade técnica em determinadas regiões do mundo.

448. Se a fundição de zinco não possuir etapa de remoção de mercúrio nem uma unidade de ácido sulfúrico, uma parcela substancial será liberada para a atmosfera, enquanto outras parcelas serão retidas pelos filtros/lavadores de partículas presentes.

449. Um método de extração chamado "lixiviação direta", ou"lixiviação de pressão", não envolve ustulação ou sinterização inicial. Nesse caso, o concentrado é levado diretamente para lixiviação em soluções de ácido sulfúrico. Nesse processo o teor de mercúrio dos concentrados não evapora, mas acompanham os lodos precipitados das etapas de lixiviação e purificação.

Remoção do mercúrio no fluxo de gases para a unidade de ácido sulfúrico

450. Uma série de processos pode ser usada para remover o mercúrio dos gases sulfúricos da ustulação/sinterização dos concentrados de metais não ferrosos antes de chegarem à unidade de ácido sulfúrico. O mais usado é o chamado processo Boliden/Nordzink (OUTOTEC, 2012; EUROPEAN COMMISSION, 2001). Os seguintes tipos de processos estão relacionados em (EUROPEAN COMMISSION, 2001); consulte essa referência para mais detalhes:

Processo Boliden/Norzink: É o processo implementado em cerca de 80% das fundições de metais não ferrosos com remoção de mercúrio. O processo se baseia num lavador úmido utilizando a reação entre o cloreto de mercúrio e o mercúrio para formar o cloreto mercuroso, ou calomelano, que se precipita a partir do líquido. O processo é situado após a etapa de lavagem e resfriamento na unidade ácida (mas antes da etapa de extração do ácido), portanto o gás é poeira e SO_3 livre e a temperatura é cerca de 30°C. O gás é lavado em torre de leito recheado com uma solução que contém $HgCl_2$. Isso reage com o mercúrio metálico no gás e o precipita na forma de calomelano (Hg_2Cl_2). O calomelano é removido da solução de limpeza circulante e regenerado parcialmente pelo gás de cloro para $HgCl_2$, que é então reciclado para a fase de lavagem. A mistura do produto de mercúrio é usada para a produção de mercúrio ou armazenada.

Processo Outokumpu: Neste processo o mercúrio é removido antes da etapa da lavagem na unidade de ácido sulfúrico. O gás, a uma temperatura de cerca de 350 °C, passa por uma torre de leito recheado onde é lavado contra a corrente com90% de ácido sulfúrico a 190 °C. O ácido é formado no local a partir do SO_3 no gás. O mercúrio é precipitado na forma de um composto mercúrio-selênio-cloro. O lodo de mercúrio é removido do ácido resfriado, filtrado e lavado e enviado à produção de mercúrio metálico. Parte do ácido é então reciclado na etapa de lavagem.

Processo Bolchem: Processo úmido. É produzido o sulfeto de mercúrio, e outros reagentes são reciclados de volta ao mesmo processo.

Processo de tiocianato de sódio: Processo úmido. É produzido o sulfeto de mercúrio, e o tiocianato de sódio é regenerado.

Filtro de carvão ativado: Processo seco. Produz mercúrio que contém carvão ativado. Provavelmente mais usado em fundições de metal secundário (reciclados) (Outotec, 2012), mas também na produção de ouro em larga escala.

Depurador de selênio: Processo úmido. Produto não descrito em (European Commission, 2001), mas provavelmente deve usar compostos de mercúrio-selênio.

Filtro de selênio: Processo seco. É produzido seleneto de mercúrio.

Processo de sulfeto de chumbo: Processo seco. Produz mercúrio que contém nódulos de sulfeto de chumbo.

451. Os resíduos produzidos são tóxicos e devem ser manuseados com muito cuidado. Se os resíduos que contêm mercúrio são depositados, liberações secundárias significativas para os ambientes terrestres e aquáticos e a atmosfera podem ocorrer, salvo se técnicas corretas forem usadas para evitar essas liberações; por exemplo, precipitando o mercúrio na forma de compostos estáveis e/ou forrando e cobrindo a área de depósitos de resíduos.

452. O mercúrio retido nos processos de remoção de mercúrio é muitas vezes comercializado na forma de compostos brutos de mercúrio ou material que contém mercúrio para posterior produção de mercúrio metálico secundário ou na forma de compostos de mercúrio de grau técnico.

453. Nos processos úmidos e processos em queos compostos de mercúrio retidos são lavados antes de saírem da unidade, a água de lavagem contém mercúrio, que poderá ser levada a ambientes aquáticos caso não seja tratada. Se for tratada, os sólidos ou lodo gerado poderão conter mercúrio, e esse mercúrio pode lixiviar para o solo e a água, a não ser que práticas adequadas de manejo ambiental sejam empregadas para evitar essas liberações.

454. Como exemplo, o lodo do tratamento de águas residuais de uma unidade de produção de zinco na Alemanha é depositado num depósito subterrâneo devido a seu alto teor de mercúrio e selênio (RENTZ et al., 1996).

Lixiviação, purificação e eletrólise (somente processo hidrometalúrgico)

455. A lixiviação envolve a solubilização e neutralização em várias etapas. Na lixiviação, os metais desejados são dissolvidos e o ferro — e provavelmente o material de resíduo sólido presente no minério — é separado da solução. Um resíduo contendo ferro é produzido a partir desses processos. Dependendo dos princípios empregados, essa produção poderá ser na forma de "hematita" (óxido de ferro), ou lodo de "jarosita". A jarosita é frequentemente depositada, enquanto que a hematita às vezes pode passar por mais beneficiamento para produzir um concentrado de chumbo-prata utilizado em fundições de chumbo ou utilizado nas indústrias de cimento ou aço (RENTZ et al., 1996). Parte do mercúrio remanescente após a sinterização/ustulação — se houver — deve acompanhar esses resíduos para os processos de reciclagem ou deposição.

456. Na etapa de purificação, o soluto produzido a partir da lixiviação é purificado ainda mais. Isso é realizado adicionando poeira de zinco, causando a precipitação de metais puros (cobre, cádmio, etc.), os quais são processados no local ou em outros fornos de fundição (Rentz et al., 1996). Partes de qualquer mercúrio remanescente poderá acompanhar esses precipitados para processamento adicional (BOBROVA et al., 1990, citado por Lassen et al., 2004).

457. Na etapa da eletrólise, o zinco é recuperado em forma metálica. O $ZnSO_4$ dissolvido na solução de ácido sulfúrico é decomposto por uma corrente elétrica direta e o zinco metálico é depositado nos cátodos de alumínio, enquanto o oxigênio é produzido nos ânodos e o ácido sulfúrico é produzido na solução. Quase não há mercúrio antes desta etapa do processo. O zinco produzido pode ser derretido e convertido em ligas e produtos de zinco desejados.

Fundição (somente processo pirometalúrgico)

458. O tipo de processo pirometalúrgico mais usado é o chamado processo de fundição imperial, que pode coproduzir zinco e chumbo (bem como outros metais incluídos na matéria-prima). Geralmente a matéria-prima consiste em concentrados de zinco e concentrados de chumbo ou concentrados da mistura zinco-chumbo. Os insumos do processo pirometalúrgico poderão incluir material secundário de zinco/chumbo (RENTZ et al., 1996). Esse material secundário poderá, em princípio, representar uma fonte menor de entrada de mercúrio, mas as entradas não são consideradas significativas.

459. No forno, o óxido de zinco (o sedimento produzido na etapa de sinterização) reage com o monóxido de carbono (do coque adicionado) a temperaturas de cerca de 1.100 °C, e o zinco evapora e sai do forno com os gases de escape. Depois o zinco se condensa e se dissolve em gotas (temperatura mais baixa) de chumbo derretido no chamado condensador "splash". A mistura derretida é resfriada ainda mais e separada em zinco e chumbo brutos líquidos. O zinco bruto produzido é diretamente convertido em lingotes ou transferido para o refino de zinco. O chumbo do separador é realimentado ao condensador "splash" e o chumbo é aproveitado como "lingote de zinco" na parte inferior do forno e recebe mais tratamento. A escória também é retirada do fundo do forno e transferida para processamento adicional (RENTZ et al., 1996). Devido às temperaturas prevalecentes nos fornos e no condensador "splash", espera-se que o mercúrio na entrada do sedimento acompanhe os gases de escape das etapas do forno e condensador; quase não há mercúrio acompanhando o zinco bruto e o lingote de chumbo no processamento adicional.

460. Os gases de escape dos fornos de fundição, o condensador "splash" e a granulação de escória podem ser tratados em filtros de partículas para reter o material particulado (RENTZ et al., 1996; ENVIRONMENT CANADA, 2002). Parte das partículas retidas podem ser recicladas de volta ao processo, outras partes — que possivelmente poderiam conter mercúrio — podem ser dispostas (ENVIRONMENT CANADA, 2002). Deposição de resíduos contendo mercúrio: O mercúrio poderá ser liberado para a atmosfera e os ambientes terrestres e aquáticos a partir desses resíduos, a não ser que técnicas adequadas sejam empregadas para evitar essas liberações.

5.2.3.2 Principais fatores que determinam as liberações e saídas de mercúrio

461. Os principais fatores determinantes das liberações e outras saídas de mercúrio advindas da mineração e extração do zinco, derivados da descrição do setor acima, são os seguintes:

Tabela 5-48 Principais liberações e meios receptores durante o ciclo de vida do mercúrio na extração e beneficiamento inicial do zinco

Fase do ciclo de vida	Ar	Água	Solo	Produtos	Resíduos em geral	Deposição/tratamento específico do setor
Mineração e produção de concentrados	x	X	X	X *2		X
Extração de zinco primário do concentrado	X	X	X	X *3		X
Fabricação de produtos de zinco *1						
Uso do zinco						
Destinação do zinco						

Notas: *1: As liberações de mercúrio poderiam, em princípio, ocorrer por causa do uso de combustíveis fósseis, mas o zinco metálico não deve ser fonte de entrada de mercúrio para as etapas de fabricação.

*2: No concentrado de zinco produzido.

*3: No ácido sulfúrico, derivados de mercúrio e talvez outros derivados de processos; veja texto.

X – Via de liberação que se espera seja predominante na subcategoria

x – Outras vias de liberação a serem consideradas em função da situação nacional e da fonte específica

462. A concentração de mercúrio no minério/concentrado e a quantidade de minérios/concentrados utilizados são fatores importantes para determinar as liberações de mercúrio. Como indicado a seguir, o primeiro aspecto pode — em princípio — ser controlado em certo grau pela escolha de tipos de minério e concentrados usados.

463. O uso do método de lixiviação direta, evitando a etapa de ustulação/sinterização, encaminha o mercúrio que seria liberado para o ar, para liberações na água, solo e para depósitos de resíduos.

464. A presença de uma etapa dedicada de remoção de mercúrio irá influenciar significativamente a distribuição de vias de saídas. Liberações para a atmosfera e o derivado ácido (se produzido) serão convertidos para saídas e liberações dos derivados para o solo, deposição de resíduos e água. A mera presença de uma unidade de ácido sulfúrico — sem remoção específica de mercúrio —também irá influenciar o padrão de liberação, já que parte do mercúrio que iria ser liberada diretamente na atmosfera irá acompanhar o ácido sulfúrico comercializado e acabará resultando em liberações secundárias em outro local.

465. Como parte da entrada de mercúrio é retida em partículas nos filtros de partículas de gases de escape, a presença de PES de alta eficiência e filtros de manga também irão reduzir as liberações de mercúrio na atmosfera significativamente (se as poeiras do filtro não forem recicladas de volta ao processo) e converter o mercúrio retido em resíduos sólidos, suspensos e/ou líquidos.

466. Águas residuais das diferentes etapas do processo podem conter mercúrio. A quantidade de mercúrio liberado com a água de descarte nos ambientes aquáticos dependerá de como os resíduos são tratados e manejados.

467. A quantidade de liberações para o meio ambiente da deposição de rejeitos, inclusive resíduos de rocha, rejeitos das etapas de concentração, resíduos do processo de extração, resíduos da depuração de gases de escape e resíduos do tratamento de águas residuais, depende muito do cuidado que se tem com o manejo do depósito dos resíduos. Os depósitos que não contam com bom manejo podem resultar em liberações secundárias para a atmosfera, água e solo.

5.2.2.3 Análise das entradas de mercúrio

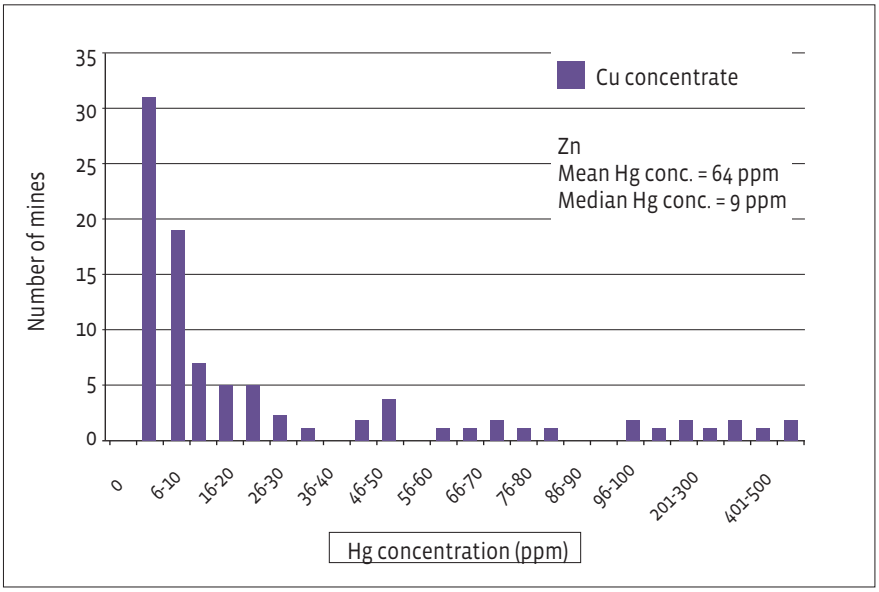
Tabela 5-49 Visão geral dos dados de taxas de atividades e tipos de fatores de entrada de mercúrio necessários para estimar as liberações advindas da extração e processamento inicial do zinco

Fase do ciclo de vida	Dados de taxa de atividade necessários	Fator de entrada de mercúrio
Mineração e produção de concentrados	Toneladas de material de rejeitos produzidas por ano	g mercúrio/tonelada de material de rejeitos produzidos *1
Extração de zinco primário do concentrado	Toneladas de concentrado usado por ano	g mercúrio/tonelada concentrado

Notas: *1 Esses resíduos podem incluir material de menor grau (concentrações menores de zinco)e as concentrações de mercúrio podem ser diferentes daquelas no material do minério de entrada. Se não houver dados de concentração para o material de rejeitos, os dados de concentração para o minério podem ser usados para obter uma estimativa aproximada.

468. Hylander and Herbert (2008) levantaram dados para as concentrações de mercúrio em concentrados para a produção de zinco, cobre e chumbo para todas as minas do mundo, para as quais existiam dados disponíveis nos estudos de mercado publicados por BrookHunt and Associates Ltd. (2005; 2006a; 2006b). Os dados individuais são confidenciais, mas os dados foram agregados em gráficos mostrando a distribuição de concentração de mercúrio nos concentrados relevantes; a Figura 5-2 contém os dados sobre os concentrados de zinco. Os autores observam que não havia dados disponíveis das minas chinesas para esse estudo.

Figura 5-2 Distribuição das concentrações de mercúrio em zinco em todo o mundo (impresso com autorização de Hylander and Herbert, 2008. Copyright 2008 American Chemical Society)



of mines	Número de minas
Zn concentrate	Concentrado de Zn
Zn	Zn
Mean Hg conc. = 64 ppm	Conc. média de Hg = 64 ppm
Median Hg conc. = 9 ppm	Conc. mediana de Hg = 9 ppm
Hg concentration (ppm)	Concentração de Hg (ppm)

469. Alguns outros exemplos de mercúrio em minério, material de rejeitos e concentrado para a produção de zinco encontrados na literatura estão apresentados na Tabela 5-50 a seguir.

470. Schwarz (1997) apresenta uma revisão das concentrações estimadas de mercúrio em esfalerita (ZnS, o principal minério para a produção de zinco) de depósitos minerais em 19 países das Américas e Eurásia (Canadá, Finlândia, Austrália, Japão, Cazaquistão, Noruega, Rússia, Espanha, EUA, Alemanha, República Tcheca, Ucrânia, Bulgária, Peru, Sérvia, Eslovênia, Irlanda, Itália). Veja as estimativas detalhadas da concentração de mercúrio em esfalerita no anexo técnico na seção 8.3. Essas estimativas indicam concentrações de mercúrio em diferentes tipos de minérios e concentrados ricos em esfalerita (as concentrações de esfalerita podem ser elevadas nos concentrados de zinco baseados neste mineral).Ademais, apontam indícios sobre os tipos de depósito minerais que são ricos/pobres em mercúrio, que podem ser usados para orientar explorações em depósitos com baixas concentrações de mercúrio. Como mencionado acima, Schwarz estimou que a produção global de zinco levou a uma mobilização de centenas de toneladas de mercúrio em 1995 (o mínimo estimado para esse ano foi 600 toneladas), tornando a produção de zinco entre as maiores fontes de saídas de mercúrio. Com base na análise da relação mercúrio/zinco e a história da formação geológica dos depósitos minerais, ele concluiu o seguinte:

- os depósitos associados a atividade vulcânica proterozoica têm elevadas concentrações de mercúrio em esfalerita (faixa informada 4-4680; médias 182-757 g Hg/tonelada esfalerita);
- os depósitos exalativos fanerozoicos e do tipo veia têm concentrações moderadas de mercúrio em esfalerita; e
- os depósitos do tipo Mississippi Valley têm baixas concentrações de mercúrio em esfalerita (faixa 0,05-186; médias 9-14 g Hg/tonelada esfalerita).

Tabela 5-50 Exemplos de concentração de mercúrio em minério, rejeitos e concentrados de zinco

País	Localização	Tipo	Concentração média de Hg, g/tonelada	Faixa de concentração de Hg em amostras, g/tonelada	Fonte de dados
Em minério					
Canadá	Brunswik Works		2,1		Klimenko and Kiazimov (1987)
Federação Russa	Ural		10-25		Kutliakhmetov (2002)
Finlândia	Kokkola		2,8		Maag (2004)
Em material de rejeitos da produção de concentrados					
Canadá	Brunswik Works	Da produção de zinco, cobre, chumbo e concentrados de compostos	0,69 (conc. de Hg em minério 2,1		Klimenko and Kiazimov (1987)
Federação Russa	Ural	Da produção de zinco, cobre e concentrados de compostos	1-9 (conc. de Hg em minério 10–25)		Kutliakhmetov (2002)
Em concentrados					
Canadá	Brunswik Works		13,5		Klimenko and Kiazimov (1987)
Federação Russa	Ural (7 unidades individuais de concentração)	Concentrados de zinco		20-93*1	Mustafin et al. (1998)
	Ural	Concentrados de zinco	76-123		Kutliakhmetov (2002)
	Ural Médio	Concentrado de zinco de depósitos de pirita e/ou pirita-e-polimetálicos		1-4,5*2	Ozerova (1986)
	Ural Meridional	Depósitos de pirita e pirita-e-polimetálicos		10-75*3	Ozerova (1986)
	Cáucaso	Depósitos de pirita e pirita-e-polimetálicos		1-18*4	Ozerova (1986)
República Dominicana	Pueblo Viejo	Separação de esfarelita a partir do depósito epitermal de alta sulfuração		"Até 350"	Kesler et al. (2003, no prelo)
Mercado Mundial		Faixa geral para concentrados de zinco		10–2000	Fugleberg (1999)
		Média e faixa global	64 (mediana de 9)	(veja Figura 5-2)	Hylander and Herbert (2008)
China		Duas fundições de zinco		48 e 268	Zhang et al. (2012)
		Valor médio típico	65		Outotec (2012)

Notas: *1: Faixa de concentrações médias entre as unidades de concentrações, números de amostras não citados.

*2: Faixa das médias em três locais.

*3: Faixa total das amostras de quatro depósitos individuais; médias não foram informadas.

*4: Faixa total das amostras de dois depósitos individuais; médias não foram informadas.

471. Dados de resumo de Schwarz (1997) são apresentados na Tabela 5-51 a seguir. Veja informações mais detalhadas no anexo técnico na Seção 8.1; ademais a referência citada contém muitos detalhes úteis.

Tabela 5-51 Concentrações médias estimadas de mercúrio no mineral esfalerita em alguns tipos principais de depósitos minerais (extraído de Schwarz, 1997)

Tipo de depósito mineral	Concentração média de Hg em esfalerita, ppm (g/tonelada)	Número de depósitos incluídos na estimativa	Parcela da produção de zinco de mina nos meados dos anos 80 (%) *1
Exalativos (inclusive tipos de depósitos associados a atividade vulcânica proterozoica)	180	101	61
Exalativos (excluindo tipos de depósitos associados a atividade vulcânica proterozoica)	64	75	–
Depósitos do tipo Mississippi Valley	9	61	25
Veia e outros tipos	81	86	14
Produção e média ponderada *2	123 (53)	248 (222)	

Notas: *1De acordo com Tikkanen (1986).

*2Tipos de depósitos associados a atividade vulcânica proterozóica são excluídos nos números em parênteses.

472. UNEP/AMAP (2012) propôs os seguintes fatores-padrão de entrada de mercúrio para a extração do zinco com base em Hylander and Herbert (2008), bem como outras informações: mínimo:5; médio: 65 e máximo: 130 g/tonelada de concentrado usado. Convertido para uma base de zinco produzido, os fatores correspondentes foram respectivamente de 8,6, 123,3 e 342,1 g/tonelada produzida de zinco, quando se utiliza uma relação concentrado usado/zinco produzido de 1,72–2,63 (valor intermediário 1,90).

5.2.3.4 Exemplos de mercúrio em liberaçõese resíduos/rejeitos. Exemplos de saídas da produção de concentrados

473. Na Tabela 5-52 e na Tabela 5-53, a seguir, estão dois exemplos de distribuição do mercúrio nas saídas da produção conjunta de diversos concentrados de metais não ferrosos. Os exemplos são bem diferentes e servem apenas como indicação; características comuns são que a porcentagem das entradas de mercúrio-zinco acompanhando os concentrados de zinco é bastante elevada e as concentrações de mercúrio no material de rejeitos são um pouco menores que as concentrações de mercúrio no minério original.

Tabela 5-52 Exemplo de distribuição de mercúrio nas saídas da produção de concentrados da Brunswik Works, Canadá (Klimenko and Kiazimov, 1987)

Produto	Quantidade de minério processado, tonelada por dia	Teor de Hg		Extração %
		mg/kg	kg por dia	
Minério de entrada	8.575	2,1	18,24	100
Concentrado de cobre	73,7	2,3	0,15	0,87
Concentrado de chumbo	400	2,7	1,09	5,97
Concentrado de compostos	70	9,1	0,64	3,5
Concentrado de zinco	900	13,5	12,22	67,0
Material de rejeitos	7.140	0,69	4,94	27,0

Tabela 5-53 Exemplo de distribuição de mercúrio nas saídas da produção de concentrados da Uchalinsky Works, Federação Russa (Kutliakhmetov, 2002)

Minério, concentrado, resíduos	Média, g Hg /tonelada	Quantidade relativa de mercúrio(%)
Minério	10-25	100
Concentrado de pirita	5-15	36-50
Concentrado de cobre	28-41	10-14
Concentrado de zinco	76-123	35-48
Material de rejeitos	1-9	2-3

Exemplos de saídas da produção do metal zinco

474. Conforme mencionado acima, descrições quantitativas dos balanços de massa de mercúrio para a extração de metais não ferrosos — isto é, estimativas correspondentes de entradas e distribuição de saídas — são raras na literatura.

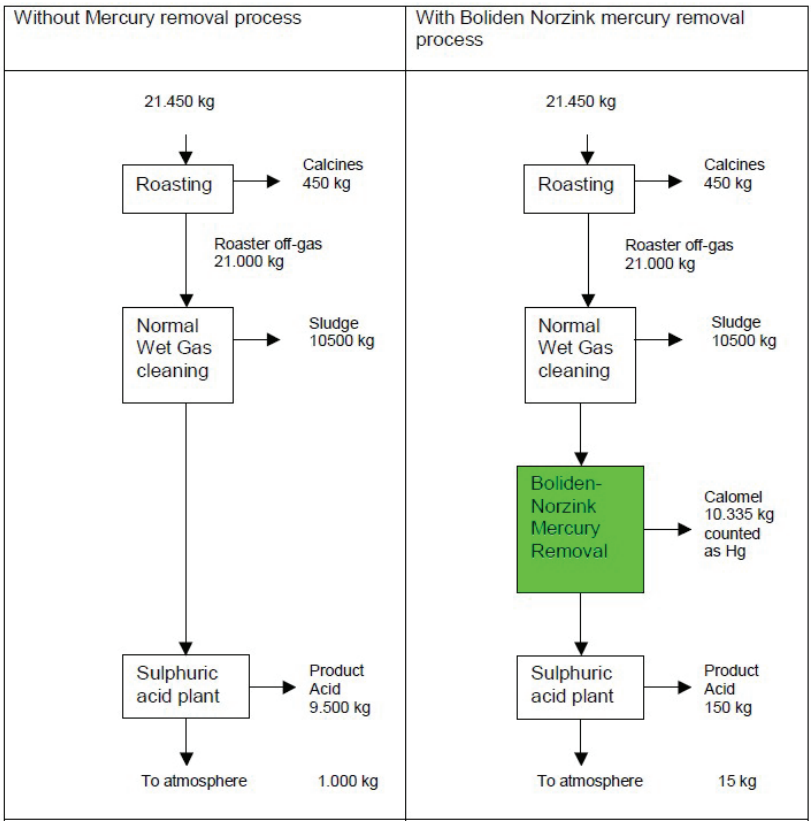
475. Outotec (2012) apresentou um "típico" balanço de mercúrio para uma fundição de zinco com e sem uma etapa dedicada de remoção de mercúrio, mostrado na Figura 5-3. Observe que: apenas uma pequena fração acompanha os ustulados de concentrados (os chamados calcinados),onde a limpeza úmida de efluentes gasosos retém cerca de metade da entrada de mercúrio em lodos, e a maior parte do mercúrio remanescente é capturada no ácido sulfúrico produzido, se não houver etapa dedicada de remoção de mercúrio. Não havendo remoção de mercúrio nem unidade de ácido sulfúrico, esse mercúrio seria emitido para a atmosfera.

476. De acordo com Outotec (2012), a maioria das fundições pirometalúrgicas que utilizam minério sulfurado (muitas fundições de zinco, cobre e chumbo) têm unidades de ácido, mas algumas não contêm equipamento dedicado de remoção de mercúrio.

477. O site da Internet "Sulphuric acid on the web" (http://www.sulphuric-acid.com/Sulphuric-Acid-on- the-Web/Acid%20Plants/Acid-Plant-Database-Home.htm) inclui informações sobre a presença de fábricas de ácido e, em alguns casos, sobre mitigação específica de emissões de mercúrio em fundições por nome e por país, e podem, portanto, ser úteis para selecionar fatores de distribuição para seu inventário.

Figura 5-3 Típico balanço de massa de mercúrio para uma fundição de zinco com e sem filtro de dedicado de remoção de mercúrio (Outotec, 2012, com autorização)

Capacity:	330.00 ton/year of zinc concentrate equal to a production of approx. 165.000 ton/year of zinc
Mercury content of the concentrate:	65 ppm, equal to 21.450 kg/year



Capacity	Capacidade
330.00 ton/year of zinc concentrate equal to a production of approx. 165.000 ton/year of zinc	330.00 t/ano de concentrado de zinco igual a uma produção de aprox. 165,000 t/ano de zinco
Mercury content of the concentrate	Teor de mercúrio do concentrado
65 ppm, equal to 21.450 kg/year	65 ppm, igual a 21.450 kg/ano
Without mercury removal process	Sem processo de remoção de mercúrio
21.450 kg	21.450 kg
Roasting	Ustulação
Calcines 450 kg	Calcinados 450 kg
Roaster off-gas 21.000 kg	Efluentes gasosos do ustulador 21.000 kg
Normal Wet Gas cleaning	Depuração normal úmida de gases
Sludge 10500 kg	Lodo 10.500 kg
Sulphuric acid plant	Unidade de ácido sulfúrico
Product Acid 9.500 kg	Produto ácido 9.500 kg
To atmosphere	Para atmosfera
1.000 kg	1.000 kg
With Boliden Norzink mercury removal process	Com processo de remoção de mercúrio Boliden Norzink
21.450 kg	21.450 kg
Roasting	Ustulação
Calcines 450 kg	Calcinados 450 kg
Roaster off-gas 21.000 kg	Efluentes gasosos do ustulador 21.000 kg
Normal Wet Gas cleaning	Depuração normal úmida de gases
Sludge 10500 kg	Lodo 10.500 kg
Boliden Norzink mercury removal	Com remoção de mercúrio Boliden Norzink
Calomel 10.335 kg counted as Hg	Calomelano 10.335 kg contabilizado como Hg
Sulphuric acid plant	Unidade de ácido sulfúrico
Product Acid 150 kg	Produto ácido 150 kg
To atmosphere	Para atmosfera
15 kg	15 kg

478. Um exemplo de uma fábrica de produção de zinco russa indica que cerca de 7% das entradas de mercúrio com concentrado de zinco chegam ao material sínter por meio das etapas adicionais dos processos de extração de zinco, enquanto que 93% seguem os gases gerados da sinterização. No exemplo, estimados 24% das entradas do mercúrio são retidas nas poeiras do filtro eletrostático que serve de entrada para a produção de cobre e chumbo (filtros ciclones também retêm poeiras que contêm mercúrio, mas estassão realimentadas à linha de sinterização). Os restantes 69% seguem o gás para a unidade de produção de ácido, onde são distribuídos entre as lamas do purificador Hg/se, o produto de ácido sulfúrico e os resíduos hídricos a partir da purificação do ácido (BOBROVA et al., 1990). Aparentemente há alguma incerteza sobre se as liberações de mercúrio para a atmosfera estão contabilizadas de forma adequada no exemplo (LASSEN et al., 2004), portanto os números poderiam ser considerados como ilustrativos do fluxo das partes das entradas de mercúrio que não são liberadas diretamente para a atmosfera durante a sinterização.

479. Num exemplo da Finlândia, o mercúrio retirado dos processos é comercializado como subproduto de mercúrio metálico. Foi relatado que as liberações de mercúrio na água, de toda a produção são de 0,02 g Hg/tonelada produzida de zinco. As saídas de mercúrio com lodos de jarosita depositados estão abaixo de 100 g/toneladas de lodo de jarosita (FUGLEBERG, 1999) — que correspondem aproximadamente a menos de 40g Hg/tonelada produzida de zinco (calculado, com base em Fugleberg, 1999). As saídas de mercúrio com enxofre depositado não estão informadas. As liberações de mercúrio para o ar por quantidade de zinco produzido não são informadas em (FUGLEBERG, 1999), mas parecem ser baixas (FINNISH ENVIRONMENT INSTITUTE, 2003).

480. Exemplos dos fatores de emissão de mercúrio na atmosfera para as emissões diretas de zinco na atmosfera são dados pela Tabela 5-54 a seguir. Os fatores de emissão atmosférica baixos geralmente indicam que uma grande parte das entradas de mercúrio é transferida para o subproduto de mercúrio comercializado (metal ou compostos) e/ou para depósitos de resíduos no local com potencial de futuras liberações para todos os meios. Algumas partes menores das entradas de mercúrio podem ser transferidas para liberações nos meios aquáticos, como consequência dos processos úmidos nos sistemas de redução de emissões.

Tabela 5-54 Exemplos de fatores de emissão atmosférica para as emissões atmosféricas diretas da produção de zinco

País/ Região	Instalação / localização	Liberações informadas de mercúrio para a atmosfera por saída do produto	Indicações de nível da tecnologia de redução de emissões (liberações atmosféricas)	Comentários	Referência dos dados
Canadá	Teck Cominco, British Columbia;	0,41 g Hg/tonelada de produto (zinco, chumbo, etc.)	Parece ser de alto nível: ciclones, PES, lavadores, remoção de Hg, unidade de produção de ácido	Extração paralela, semi-integrada hidromet. de zinco e piromet. de chumbo, dados não permitem alocação zinco/ chumbo	Environment Canada, 2002
	Noranda CEZ, Québec	0,002 g Hg/tonelada de produto (zinco, etc.)	Parece ser de alto nível: ciclones, PES, lavadores, remoção de Hg, unidade de produção de ácido	Produção hidrometalúrgica de zinco	Environment Canada, 2002; 2004

481. De acordo com European Commission (2001), a saída de subproduto de mercúrio na produção de outros metais não ferrosos totalizou estimadas 350 toneladas de mercúrio na Europa em 1997. Esses processos geralmente produzem mercúrio ou calomelano na faixa de 0,02-0,8 kg mercúrio por tonelada de (outros) metais produzidos; depende do teor de mercúrio nos concentrados de entrada. Para a produção de zinco mais especificamente, exemplos são apresentados na Tabela

5-55. Esses números gerais/exemplos provavelmente se referem às condições da UE (ou europeias) com relação ao nível de sistemas implementados de redução de emissões atmosféricas, onde a retenção do mercúrio possivelmente esteja no nível superior em relação à situação geral global.

Tabela 5-55 Exemplos da saída de mercúrio secundário da produção de zinco (presumivelmente nas condições da UE ou da Europa), em TU Aachen (1999), como citado em European Commission (2001)

Etapa e tipo de produção	Mercúrio secundário, kg derivado/tonelada de zinco produzido *1
Fábricas de ácido sulfúrico/ustulação em fábricas hidrometalúrgicas	0,3-0,8
Fábricas de ácido sulfúrico/sinterização no processo Imperial Smelter Furnace (processo pirometalúrgico)	0,15

482. A European Commission (2001) apresentou concentrações indicativas de mercúrio em "efluentes típicos da limpeza de gases" (águas residuais) de 0,1-9 mg/l, mais uma vez, esses números provavelmente se referem à situação da UE (ou europeia).

483. Feng (et al., 2004) informou que ampla contaminação por mercúrio do ambiente local da produção de zinco com tecnologia nativa ocorreu na área de Hezhang, na província de Guizhou na China.Feng et al. mediram as concentrações de mercúrio nos minérios e carvões usados bem como nos resíduos e cinzas de carvão da fundição e cinzas de carvão e calcularam os seguintes fatores de emissões atmosféricas para a produção de zinco naquelas circunstâncias: do minério sulfurado: 155 g Hg/tonelada de zinco produzido; do minério de óxido: 78,5 g Hg/tonelada de zinco produzido. Esses números são muito mais elevados do que estimativas ocidentais do final dos anos oitentas, 25 g de Hg/tonelada de zinco produzido (NRIAGU AND PACYNA, 1988). Eles demonstraram também que o mercúrio em resíduos de fundição é facilmente lixiviado pela água. Infelizmente não informaram os fatores de liberação no solo e na água, nem as concentrações de mercúrio nos minérios de entrada.

484. Zhang (et al., 2012) apresentaram detalhados balanços de massa para seis fundições de metais não ferrosos (zinco, chumbo e cobre) com emissões atmosféricas relativamente baixas na China. Todas estavam equipadas com precipitadores eletrostáticos produzindo resíduos sólidos secos (cinzas volantes), lodos de depuração de gases de combustão e fábricas de ácido. Nessas fundições, uma grande parcela do mercúrio presente foi oxidada, portanto, a retenção de mercúrio nos filtros colocados antes da unidade de produção de ácido foi relativamente alta. O estudo apresenta balanços de massa detalhados confirmando que, enquanto outras saídas existam, a maior parte do mercúrio está contida nos gases de combustão da sinterização/ustulação do concentrado (chamado de "fundição primária" na referência). No entanto, como a retenção do mercúrio no fluxo dos gases de combustão da fundição primária é alta, as menores saídas atmosféricas de mercúrio das etapas da secagem do concentrado e do posterior refino do metal, apenas equipadas com retenção de partículas, constituem uma importante parcela de todas as liberações atmosféricas. A Tabela 5-56 resume a distribuição de saídas de mercúrio para as seis fundições. As somas das saídas indicam a recuperação nos balanços de massa realizada no estudo. Infelizmente, o estudo não quantifica a distribuição do mercúrio medido no lodo entre os sólidos depositados nos depósitos de resíduos perigosos (provavelmente locais) e as descargas de águas residuais. Presume-se que a maior parte do mercúrio no lodo seguirá a fase sólida para a deposição, mas isso vai depender fortemente dos sistemas de limpeza de águas residuais presente. Os resultados indicam que a variabilidade da distribuição de saída nas fundições envolvidas parece não depender tanto do tipo de metal primário produzido, mas sim as diferenças das tecnologias de fábricas de ácido utilizadas e talvez outros fatores não explicados. Em relação à tecnologia da produção de ácido, a fundição chamada Pb5 é equipada com uma

unidade com uma única conversão e uma única absorção que não converte o mercúrio elementar em mercúrio oxidado de forma tão eficiente, dessa forma tem uma retenção menor de mercúrio, enquanto que as outras fundições têm dupla conversão, dupla absorção com taxas de oxidação mais elevadas, portanto, maiores taxas de retenção de mercúrio. O estudo também fornece outras informações sobre o setor de extração de metais da China.

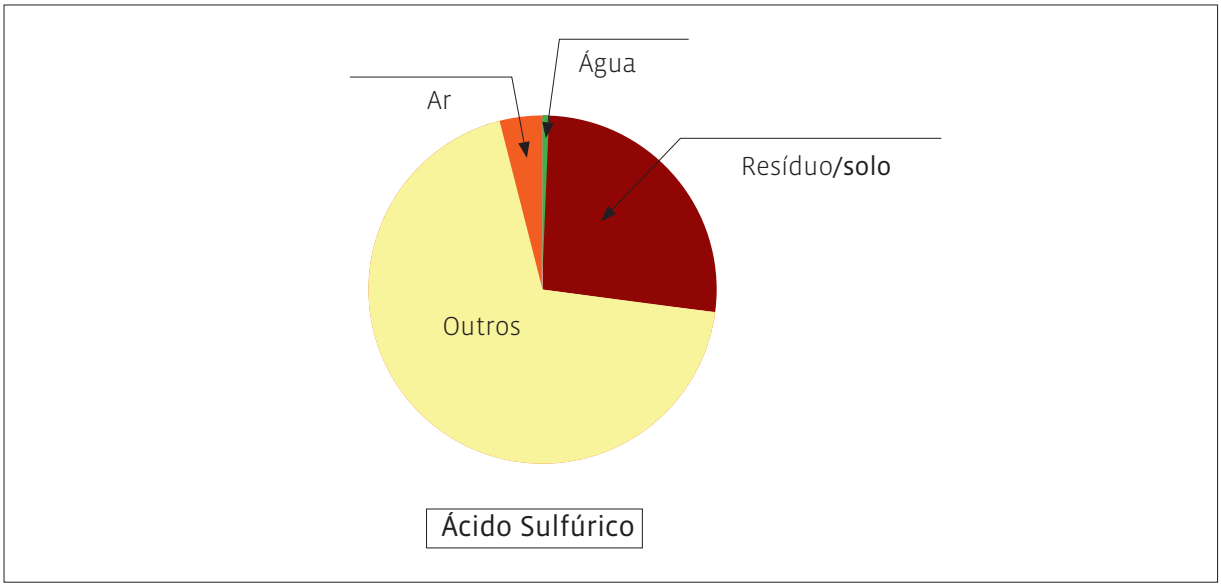
Tabela 5-56 Distribuição de saídas de mercúrio de seis fundições chinesas, em pontos percentuais (Zhang et al., 2012)

Fundição	Zn1	Zn2	Pb3	Pb5	Cu4	Cu6	Média
Lodo do purificador (sólidos depositados + descarga de água)	70	85	82	73	78	97	81
Ácido sulfúrico	9,2	0,68	0,17	12	17	0,69	6,6
Cinzas volantes e outros sólidos	21	14	15	4,4	1,7	1,8	9,7
Gases de combustão	0,024	0,68	2,5	11	3,1	0,44	3,0
Soma das saídas *1	118	85	106	102	105	105	

Obs. *1: As somas das saídas indicam a recuperação nos balanços de massa realizada no estudo, portanto, para mercúrio oxidado precisam somar 100 por cento. Quanto maior o desvio de 100, maior a incerteza envolvida no balanço de massa e medições realizadas.

485. UNEP (2011) mostra a distribuição de saída do mercúrio de uma fundição canadense de zinco/cobre com baixas entradas de mercúrio e nenhuma mitigação específica das emissões de mercúrio (recuperação de mercúrio). A distribuição é mostrada na Figura 5-4a seguir. Observe que uma parte substancial do mercúrio segue o ácido produzido.

Figura 5-4 A distribuição de saída do mercúrio de uma fundição canadense de zinco/cobre com baixas entradas de mercúrio e nenhuma mitigação específica das emissões de mercúrio (UNEP, 2011)



5.2.3.5 Fatores de entrada e fatores de distribuição de saídas

486. Com base nas informações compiladas acima sobre as entradas e saídas e dos principais fatores que determinam as liberações, os seguintes fatores-padrão de entrada e distribuição são sugeridos para uso naqueles casos em que não existam dados específicos da fonte. Sublinha-se que os fatores-padrão sugeridos no presente Toolkit baseiam-se num banco de dados limitado e

como tal, devem ser considerados sujeitos a revisões à medida que se amplie o banco de dados. Ademais, os fatores-padrão apresentados são julgamentos de especialistas com base apenas em dados resumidos.

487. O principal motivo de usarem-se os fatores-padrão é obter uma primeira impressão para saber se a subcategoria é uma fonte significativa de liberação de mercúrio no país. Em princípio, as estimativas de liberação teriam que ser mais aprimoradas (após o cálculo com fatores-padrão) antes que qualquer ação de largo alcance fosse empreendida com base nestas estimativas.

488. Devido à falta de dados, não se podem estabelecer fatores-padrão para os processos de mineração e concentração. Observe que isso implica que as estimativas de liberações de mercúrio calculadas a partir dos fatores-padrão provavelmente irão subestimar o total de liberações do setor.

a) Fatores-padrão de entrada de mercúrio

489. Os dados reais sobre os níveis de mercúrio na composição do determinado concentrado utilizado conduzirão às melhores estimativas de liberações.

490. Se não houver informações disponíveis sobre a concentração de mercúrio nos concentrados utilizados na fase de extração, uma primeira estimativa poderá ser realizada usando os fatores de entrada padrão selecionados na **Tabela 5-57** a seguir(com base nos conjuntos de dados apresentados nesta seção). Como as concentrações variam muito, recomenda-se calcular e informar intervalos para as entradas de mercúrio nesta categoria de fonte. O limite inferior dos fatores-padrão foi estabelecido para indicar uma estimativa baixa para a entrada de mercúrio para a categoria de fonte (mas não o mínimo absoluto) e o limite superior resultará numa estimativa elevada (mas não o máximo absoluto). A estimativa intermediária é usada nos cálculos-padrão no Inventário Nível 1 deste Toolkit. Se intervalos não forem usados, o emprego do valor máximo proverá a indicação mais segura da possível importância da categoria de fonte para outras investigações. O uso do limite superior não implica automaticamente que as verdadeiras liberações sejam tão altas assim, apenas que deverá ser objeto de mais investigações.

Tabela 5-57 Fatores-padrão de entrada preliminares para o mercúrio em concentrados na produção de zinco

Material	Fatores-padrão de entrada; g mercúrio por tonelada de concentrado; (inferior – superior (intermediário)
Concentrado de zinco	5-130 (65)

491. Se desejado, esses fatores-padrão podem ser convertidos para uma base de entradas de mercúrio por zinco produzido utilizando uma relação de concentrado usado/zinco produzido de 1,72-2,63 (o valor intermediário, 1,90 tonelada de concentrado usado por tonelada de zinco produzido), como derivado por UNEP/AMAP (2012). Os fatores correspondentes são: inferior,8,6, médio 123,3 e superior 342,1 g mercúrio/tonelada de zinco produzida. Observe que os cálculos-padrão da planilha do Toolkit se baseiam em mercúrio por concentrado.

b) Fatores-padrão de distribuição de saídas de mercúrio

492. Dados que permitam a definição de fatores-padrão de distribuição de saídas para a extração de zinco de concentrados são escassos, como indicado acima. Um conjunto revisado de fatores-padrão de distribuição de saídas para esta subcategoria foi, no entanto, definido com base nos dados disponíveis.

493. Para as instalações de extração de zinco que usam apenas a tecnologia de lixiviação direta, as atuais liberações atmosféricas podem ser menores que o fator-padrão estabelecido, enquanto que as liberações para resíduos sólidos podem ser maiores.

Tabela 5-58 Fatores-padrão de distribuição de saídas para mercúrio da extração do zinco de concentrados

Fase do ciclo de vida	Ar	Água	Solo *1	Produto *1, *2	Resíduos em geral	Destinação/tra-tamento específico do setor *1
Mineração e concentração	?	?	?	?	X	X
Produção de zinco de concentrado						
Fundição sem filtros ou com apenas retenção de MP grosso e seco	0,90		?			0,10
Fundições com depuração úmida de gases	0,49	0,02	?			0,49
Fundições com depuração úmida de gases e fábricas de ácido	0,10	0,02	?	0,42		0,46
Fundições com depuração úmida de gases, fábricas de ácido e filtro específico de Hg	0,02	0,02	?	0,48		0,48

Notas: *1 Deposição de resíduos provavelmente irá variar muito entre países e talvez até entre instalações individuais e poderá ser no solo, em represas, muitas vezes no local.

*2: Subprodutos comercializados com teor de mercúrio incluem, entre outros, calomelano, mercúrio elementar, lodo para recuperação de mercúrio em outros locais, ácidos de lavagem de baixo grau, ácido sulfúrico, enxofre líquido e sólidos depositados durante a filtração ou outros resíduos vendidos ou transferidos para outras atividades de produção de metal ou outros setores.

c) Links para outras estimativas de fontes de mercúrio

494. No caso de fundições conjuntas produzindo vários metais não ferrosos a partir do mesmo concentrado, sugere-se atribuir as liberações de mercúrio para o metal produzido em quantidades maiores. No caso de processamento paralelo de concentrados diferentes em linhas de produção paralelas, atribuir as liberações de mercúrio separadamente para o principal metal produzido em cada linha.

5.2.3.6 Principais dados específicos da fonte

495. Os dados específicos da fonte mais importantes neste caso seriam:

- os dados medidos, ou dados da literatura, das concentrações de mercúrio nos minérios e concentrados extraídos e processados na fonte;
- quantidade de minério/concentrados extraídos e processados; e
- dados medidos da distribuição de saídas de mercúrio com (de preferência, todos) os fluxos de saídas, incluindo os percentuais retidos pelo equipamento de redução de emissões utilizado na fonte de mercúrio (ou fontes semelhantes com equipamentos e condições de operação muito semelhantes).

496. A presença de uma unidade específica de remoção de mercúrio numa fábrica de extração poderá indicar que uma grande parcela das saídas de mercúrio não é liberada para a atmosfera, mas,sim,comercializada como subproduto ou armazenada no local.

5.2.4 EXTRAÇÃO E PROCESSAMENTO INICIAL DE COBRE

497. Assim como para o zinco, as descrições quantitativas do balanço de massa do mercúrio nas operações de extração de cobre — estimativas correspondentes de entradas e distribuição de saídas — parecem não estar disponíveis. Portanto,os aspectos quantitativos da descrição nesta seção representam uma espécie de quebra-cabeça de diferentes fontes.

498. A mineração industrial e as operações de extração de metal em grande escala são menos numerosas em qualquer país onde operam; suas matérias-primas e configurações de produção variam de forma significativa e podem ser importantes fontes de liberação de mercúrio. Dados esses

fatores, recomenda-se fortemente fazer uso de uma abordagem de fonte pontual no inventário e compilar dados específicos das fontes pontuais junto às próprias empresas dedicadas a essa atividade, se factível, bem como junto a outras fontes de dados relevantes com conhecimento das instalações de produção específicas.

5.2.4.1 Descrição da subcategoria

499. O minério para a extração de cobre (principalmente minério sulfurado) pode conter vestígios de mercúrio. Durante a extração do cobre do minério, são usados processos que liberam mercúrio do material da rocha. Esse mercúrio poderá evaporar e se juntar aos fluxos gasosos dos processos de extração (na maioria dos casos) ou se juntar a fluxos de processo líquidos, dependendo da tecnologia de extração utilizada. Salvo se o mercúrio for capturado por etapas de processo dedicadas para este fim, a maior parte provavelmente será liberada para a atmosfera e para ambientes aquáticos e terrestres. O mercúrio retido poderá ser vendido na forma de "calomelano" (Hg_2Cl_2), normalmente vendido para a extração do mercúrio-metal em outros locais ou como mercúrio elementar beneficiado no local, ou poderá ser armazenado ou depositado como resíduos sólidos ou pastosos (ENVIRONMENT CANADA, 2002). A comercialização dos subprodutos recuperados de mercúrio da extração de metais não-ferrosos responde por uma grande parcela do atual abastecimento global de mercúrio. Além dessas vias de saídas, parte da entrada de mercúrio segue o ácido sulfúrico que é coproduzido (EUROPEAN COMMISSION, 2001; ZHANG et al., 2012; OUTOTEC, 2012).

Processos envolvidos

500. As principais etapas na extração do cobre incluem a produção de concentrado rico em cobre a partir do minério bruto, ustulação do concentrado (para produzir "calcinado") e fundição num forno, ambos ocorrendo em temperaturas elevadas.O processo todo consiste em diversas etapas, inclusive uma etapa final chamada "conversão", com a finalidade de eliminar o ferro e enxofre restantes presentes no material de processo, resultando em cobre "empolado" derretido(US EPA, 1997a). Instalações que conduzem todo esse processo de produzir cobre a partir do minério são comumente chamadas de "fundições de cobre primárias". Para uma completa descrição do processo, consulte US EPA (1997a) ou European Commission (2001). Maior refinamento do cobre empolado não deverá resultar em liberações de mercúrio significativas (pelo menos em relação ao mercúrio com origem nominério de cobre).

Extração de minério e produção de concentrados

501. O minério é extraído principalmente de poço aberto, e frações ricas em cobre são separadas dos resíduos de rochas resíduos — após triturar e moer para reduzir o tamanho das partículas — por processos de separação mecânica, geralmente flotação ou outros processos que empregam a suspensão na água.

502. Diferentes tipos de minérios de cobre existem, mas os mais importantes do ponto de vista econômico são os minerais sulfídicos, calcopirita, bornita e calcosita (Ullmann, 2001). Em alguns casos o cobre é extraído de depósitos minerais, também contendo outros metais, por exemplo, depósitos de cobre e níquel e depósitos de cobre-zinco-pirita (KRIVTSOV AND KLIMENKO, 1997).

503. O concentrado produzido é transportado para as usinas de extração, que podem receber concentrados de minas próximas e também do mercado global.

504. Resíduos de rochas com pouco ou nenhum teor de metal e as partes do material de minério rejeitado que tenham sido separados do concentrado rico em zinco (partes dos chamados rejeitos) geralmente são armazenados no local em lagoas de resíduos, pilhas e baterias de resíduos ou depositados nas minas.

505. Os resíduos e rejeitos de rocha poderão — assim como os concentrados gerados — conter vestígios de mercúrio. Este material é muito mais suscetível ao intemperismo do que os depósitos originais, devido ao tamanho reduzido das partículas e maior acessibilidade ao ar e àprecipitação. Para os minérios sulfurados, que são tipos importantes de minério para a produção de diversos metais comuns, esse intemperismo libera e oxida o enxofre contido neles e produz o ácido sulfúrico. O ácido torna os constituintes mais solúveis, portanto, aumenta em muitas vezes a lixiviação do metal para o meio ambiente em comparação com o depósito mineral intocado. Esse processo é chamado de "drenagem ácida de mina", e é consideradouma séria ameaça ao meio ambiente (EUROPEAN COMMISSION, 2003).

506. Poucos dados foram identificados sobre as concentrações de mercúrio no minério bruto e material de rejeitos, enquanto que mais dados foram publicados recentemente sobre as concentrações de mercúrio em concentrados de cobre. Dados quantitativos sobre a liberação de mercúrio de resíduos de rocha e rejeitos da mineração para o ar, água e solo não foram identificados. Mas esta fonte de liberação não deve ser ignorada, pois até concentrações moderadas de mercúrio no material poderão possivelmente mobilizar quantias substanciais de mercúrio por causa das enormes quantidades de materiais manipuladas nas operações de mineração.

Extração de cobre do concentrado

507. Conforme já mencionado, a extração do cobre envolve uma complexa rede de processos, que não serão detalhados aqui. Em relação ao fluxo de mercúrio e às vias de liberação, a extração do cobre normalmente é semelhante ao processo "pirometalúrgico" descrito para o zinco, veja Seção 5.2.3. Uma importante diferença é que algumas fundições de cobre não empregam a ustulação/sinterização antes de alimentar o concentrado ao forno, mas apenas a secagem. Como consequência, mais enxofre — e talvez também mais mercúrio — permanece no material fundido transportado à seguinte etapa do processo, chamada de conversão nessas instalações, onde é ventilado por meio de soprado de ar/oxigênio. Outra diferença da produção de zinco é a chamada etapa do refino a fogo, que ocorre após a conversão. Os hidrocarbonetos (gás) ou às vezes lenha "verde" são acrescentados ao material que contém o cobre fundido para reduzir os óxidos de metal para metal elementar e outros constituintes (EUROPEAN COMMISSION, 2001). Essas fontes de carbono são fontes adicionais às entradas de mercúrio para os processos de extração; não existem dados, no entanto, para quantificar suas contribuições para as liberações de mercúrio.

508. Sucata de cobre reciclada poderá ser acrescentada ao material de entrada para as etapas de fundição, mas isso não se considera uma importante fonte de entrada de mercúrio ao processo. Cobre e zinco, ou cobre e níquel, (e outros metais) às vezes são produzidos em linhas de processo paralelas, semi-integradas nas mesmas fundições (ENVIRONMENT CANADA, 2002).

509. As liberações primárias de mercúrio dos materiais ocorrem durante a etapa de secagem/ustulação (se houver) e do forno de fundição. Ademais, os conversores e fornos de refino poderão emitir o mercúrio residual deixado no fluxo de materiais por meio do processo de extração de cobre (US EPA, 1997a).Se não houver etapa de remoção de mercúrio no tratamento de efluentes gasosos antes da unidade de produção de ácido, a maior parte das liberações se perderão na atmosfera. Se os gases de escape das etapas de secagem/ustulação, forno e/ou conversão forem levados por meio de filtros de partículas altamente eficientes (PES e/ou filtros de manga), e em alguns casos filtros específicos para o mercúrio, parte do mercúrio no gás poderá ser retido com as partículas ou nos subprodutos de mercúrio.

5.2.4.2 Principais fatores que determinam as liberações de mercúrio e saídas de mercúrio

Tabela 5-59 Principais liberações e meios receptores durante o ciclo de vida da extração e beneficiamento inicial do cobre

Fase do ciclo de vida	Ar	Água	Solo	Produtos *2	Resíduos em geral	Destinação/ tratamento específico do setor
Resíduos de mineração e produção de concentrados	x	X	X			X
Extração de cobre primário do concentrado	X	X	X	X		X
Fabricação de cobre refinado e produtos *1						
Uso do cobre						
Destinação do cobre						

Notas: *1: As liberações de mercúrio poderiam, em princípio, ocorrer por causa do uso de combustíveis fósseis, mas o cobre metálico não deve ser uma fonte de entradas de mercúrio para as etapas de refino e fabricação.
*2: No ácido sulfúrico, derivados de mercúrio e talvez outros derivados de processos.
X – Via de liberação que se espera seja predominante na subcategoria.
x – Outras vias de liberação a serem consideradas em função da situação nacional e da fonte específica.

510. A concentração de mercúrio no minério/concentrado e a quantidade de minérios/concentrados utilizados são fatores importantes para determinar as liberações de mercúrio.

511. A presença de uma etapa dedicada de remoção de mercúrio irá influenciar significativamente a distribuição de vias de saídas. Com a remoção de mercúrio, as liberações para a atmosfera serão convertidas para saídas para subprodutos e liberações no solo, deposição de resíduos e na água. No caso da produção de ácido sulfúrico, as liberações para o ácido sulfúrico (um subproduto comercializado) também serão convertidas na etapa de remoção de mercúrio para as mesmas vias de saídas.

512. Já que uma parcela da entrada de mercúrio poderá ser retida com partículas nos filtros de partículas dos gases de escape, a presença de PES de alta eficiência e filtros de manga também poderão reduzir as liberações de mercúrio para a atmosfera de forma significativa — se as poeiras do filtro não forem recicladas de volta ao processo — e converter o mercúrio retido em resíduos sólidos, suspensos e/ou líquidos.

513. As águas residuais de etapas diferentes do processo podem conter mercúrio e devem ser tratadas com cuidado para evitar ou minimizar as liberações para os ambientes aquáticos.

514. A quantidade de liberações para o meio ambiente da deposição de rejeitos, inclusive resíduos de rocha, rejeitos das etapas de concentração, resíduos do processo de extração, resíduos da depuração de gases de escape e resíduos do tratamento de águas residuais, depende muito do cuidado que se tem com o manejo do depósito dos resíduos. Os depósitos que não contam com bom manejo podem resultar em liberações substanciais para a atmosfera, água e solo.

5.2.4.3 Análise das entradas de mercúrio

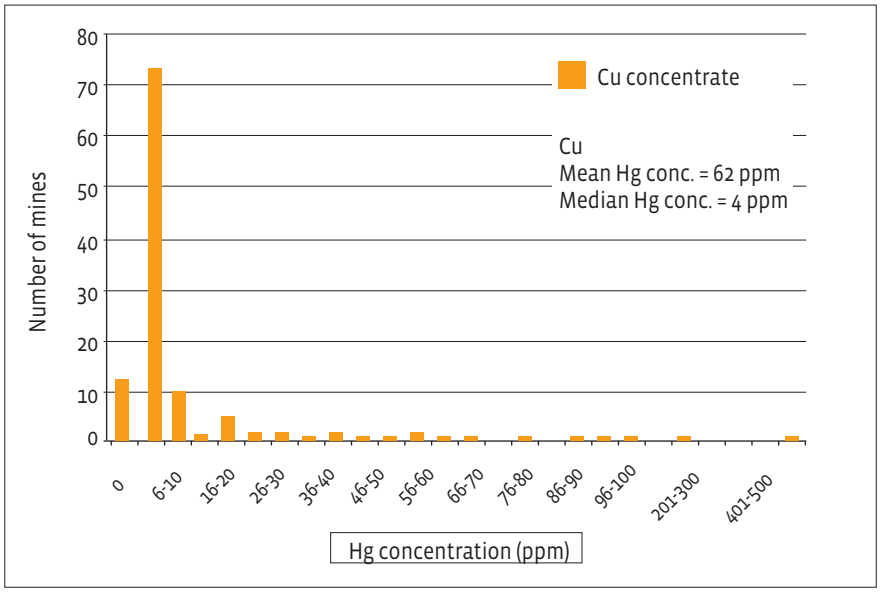
Tabela 5-60 Visão geral dos dados de taxas de atividades e tipos de fatores de entrada de mercúrio necessários para estimar as liberações advindas da extração e processamento inicial do cobre

Fase do ciclo de vida	Dados de taxa de atividade necessários	Fator de entrada de mercúrio
Resíduos de mineração e produção de concentrados	Toneladas de material de rejeitos produzidas por ano	g mercúrio/tonelada de material de rejeitos produzidos *1
Entrada para a extração de cobre primário do concentrado	Toneladas de concentrado usado por ano	g mercúrio/tonelada concentrado

Notas: *1 Esses resíduos podem incluir material de menor grau (concentrações menores de cobre) e as concentrações de mercúrio podem ser diferentes daquelas no material do minério de entrada. Se não houver dados de concentração para o material de rejeitos, os dados de concentração para o minério podem ser usados para se obter uma estimativa aproximada.

515. Hylander and Herbert (2008) levantaram dados para as concentrações de mercúrio em concentrados para a produção de zinco, cobre e chumbo para todas as minas do mundo, para as quais existiam dados disponíveis nos estudos de mercado publicados por BrookHunt and Associates Ltd. (2005; 2006a; 2006b). Os dados individuais são confidenciais, mas os dados foram agregados em gráficos mostrando a distribuição de concentração de mercúrio nos concentrados relevantes; consulte a Figura 5-5 para dados sobre os concentrados de cobre. Os autores observam que não havia dados disponíveis as minas chinesas.

Figura 5-5 Distribuição das concentrações de mercúrio em cobre em todo o mundo (impresso com autorização de Hylander and Herbert, 2008. (Copyright 2008 American Chemical Society)



Number of mines	Número de minas
Cu concentrate	Concentrado de Cu
Cu	Cu
Mean Hg conc. = 62 ppm	Conc. média de Hg = 62 ppm
Median Hg conc. = 4 ppm	Conc. mediana de Hg = 4 ppm
Hg concentration (ppm)	Concentração de Hg (ppm)

516. UNEP/AMAP (2012) propôs os seguintes fatores-padrão de entrada de mercúrio para a extração do cobre com base em (HYLANDER AND HERBERT, 2008) bem como outras informações: mínimo: 1; médio: 30 e máximo: 100 g mercúrio/tonelada usada de concentrado. Convertido para uma base de cobre produzido, os fatores correspondentes foram respectivamente de 2,1, 107,5 e 716,8 g/tonelada de cobre produzido, quando se utiliza uma relação concentrado usado/cobre produzido de 2,11-7,17 (valor intermediário 3,58).

Tabela 5-61 Exemplos da concentração de mercúrio nos concentrados de cobre, bem como nos minérios e rejeitos

País	Localização	Tipo	Concentração média de Hg, g Hg/tonelada	Faixa de concentração de Hg em amostras,g/ tonelada	Fonte de dados
Em minério					
Canadá	Brunswik Works		2,1		Klimenko and Kiazimov (1987)
Cazaquistão	Kusmurun	Cobre e pirita, maciça	9,2	4,3-16,70 (11 amostras)	Fursov (1983)
	Dzhezgazgan	Calcário cuproso, maciço (calcopirita)	3,2	2,8-3,68 (15 amostras)	Fursov (1983)
	Dzhezgazgan	Calcário cuproso, disseminado (bornita)	1,5	1,23-1,87 (11 amostras)	Fursov (1983)
	Counrad	Cobre e pórfiro, disseminado (primário)	0,9	0,76-1,02 (8 amostras)	Fursov (1983)
Federação Russa	Ural		10-25		Kutliakhmetov (2002)
	Ural Meridional, 4 locais	Cobre e pirita, maciça	9,8-13 *1		Fursov (1983)
Em material de rejeitos da produção de concentrados					
Canadá	Brunswik Works	Da produção de zinco, cobre, chumbo e concentrados de compostos	0,69 (conc. de Hg em minério 2,1		Klimenko and Kiazimov (1987)
Federação Russa	Ural	Da produção de zinco, cobre e concentrados de compostos		1-9 (conc. de Hg em minério 10–25)	Kutliakhmetov (2002)
Em concentrados					
Canadá	Brunswik Works		2,3		Klimenko and Kiazimov (1987)
Federação Russa	Ural	De minério tipo pirita de cobre		28-41	Kutliakhmetov (2002)
	Desconhecido	Do tipo pirita e polimetal		0,22-65	Bobrova et al., (1990); Ozerova (1986)
	Desconhecido	Do tipo chumbo e zinco estratiforme		2-290	Bobrova et al., (1990); Ozerova (1986)
	Desconhecido	Do tipo pirita de cobre		0,3-150	Bobrova et al., (1990); Ozerova (1986)
	Desconhecido	De arenito cuproso		4	Bobrova et al., (1990); Ozerova (1986)
	Desconhecido	Do tipo vanádio-ferro-cobre		70	Bobrova et al., (1990); Ozerova (1986)
	Desconhecido	Do tipo cobre-molibdênio		0,02	Bobrova et al., (1990); Ozerova (1986)
	Desconhecido	Do tipo cobre-níquel		0,14-0,4	Bobrova et al., (1990); Ozerova (1986)
Geral, cobertura desconhecida	Geografia descon.		0,5-8		Fonte de dados europeia confidencial
Global		Média global	62 (mediana de 4)	(veja Figura 5-5)	Hylander and Herbert (2008)
China		2 fundições de cobre		1,48 e 4,23	Zhang et al. (2012)
		Valor médio típico	30		Outotec (2012)

Notas: *1:Intervalo das médias em diversos locais, 30 amostras ao todo.

5.2.4.4 Exemplos de mercúrio em liberaçõese resíduos/rejeitos. Exemplos de saídas da produção de concentrados

517. Dois exemplos da distribuição de mercúrio nas saídas da produção de concentrados de metais não-ferrosos, (inclusive concentrados de cobre) são apresentados sob a mesma rubrica na seção de extração de zinco (veja **Tabela 5-52** e **Tabela 5-53** na Seção 5.2.3). Os dois exemplos são bem diferentes e podem não ser necessariamente representativos; servem apenas como indicação.

Exemplos de saídas da produção do metal cobre

518. Conforme mencionado acima, descrições quantitativas dos balanços de massa de mercúrio para a extração de cobre —estimativas correspondentes de entradas e distribuição de saídas — são raras na literatura.

519. Zhang (et al., 2012) apresentaram detalhados balanços de massa para seis fundições de metais não ferrosos (zinco, chumbo e cobre) com emissões atmosféricas relativamente baixas na China. A UNEP (2011) informou sobre a distribuição de saída de mercúrio de uma fundição conjunta de zinco/cobre. Esses dados estão descritos na seção sobre extração de zinco descrito anteriormente. Os poucos dados disponíveis não indicam grandes diferenças no padrão de distribuição de saídas de mercúrio entre a produção de diferentes metais comuns.

520. Uma tentativa de desenvolver uma completa visão da distribuição de saídas foi realizada por Yanin (LASSEN et al., 2004) para as fundições russas de cobre bruto; a distribuição estimada de saída está na **Tabela 5-62**. As estimativas têm por base considerações teoréticas e devem ser vistas apenas como indicativas.

521. Para comparação com os fatores de emissão atmosférica descritos abaixo, um exemplo pode ser calculado usando as estimativas de Yanin acima. Com uma concentração de mercúrio de 13,8 g/tonelada no concentrado usado, uma concentração de cobre de 15% no mesmo concentrado e uma taxa de extração de 93% da entrada de cobre, o fator de emissão calculado para a atmosfera é de 13,8 g Hg/tonelada conc. / 0,15 tonelada Cu/tonelada conc. * 0,93 = 11,7 g Hg/tonelada de cobre produzido. Este valor é comparável ao fator de emissão atmosférica para a fundição de Hudson Bay no Canadá apresentado na **Tabela 5-62** a seguir.

Tabela 5-62 Estimativas indicativas da distribuição de saídas (em termos relativos) do mercúrio nas fundições de cobre sob condições russas (Yanin, em Lassen et al., 2004)

Via de liberação	Atmosfera	Águas residuais	Escória descartada	Lodo descartado	"Resíduos sólidos de arseniato" descartados	"Resíduos sólidos de chumbo" comercializados para extração de Pb	Enxofre líquido *2	Ácido de lavagem *2	Soma
Parcela das entradas de Hg ***1**	0,12	0,02	0,04	0,38	0,06	0,11	0,14	0,14	1,00
Saídas em g Hg/ tonelada produzida de cobre, para um exemplo com entrada de 13,8 g Hg/ tonelada de concentrado	0,12	0,02	0,04	0,38	0,06	0,11	0,14	0,14	1,00

Notas: *1 Corrigido para a reciclagem interna das poeiras do filtro para o forno (presume-se estabilidade).

*2 Enxofre líquido — um subproduto — e ácido de lavagem são provavelmente vendidos; isto é, não mencionados nas referências.

522. Alguns exemplos de fatores de emissão estão disponíveis, mas somente para as emissões atmosféricas de mercúrio e sem ligações para as entradas de mercúrio correspondentes com concentrados ou minério.

523. Exemplos de fatores de emissão para emissões diretas na atmosfera da produção de cobre são dados pela Tabela 5-63 a seguir. Os fatores de emissão atmosférica baixos geralmente indicam que uma grande parte das entradas de mercúrio é transferida para o subproduto de mercúrio comercializado (metal ou compostos) e/ou para depósitos de resíduos no local com potencial de futuras liberações para todos os meios. Algumas partes menores das entradas de mercúrio podem ser transferidas para liberações nos meios aquáticos como consequência dos processos úmidos nos sistemas de redução de emissões. Para a referida fundição de níquel/cobre, a escória produzida é usada para construção de estradas de rodagem e de ferro.

524. Com base nas emissões auto-informadas de sete fundições de cobre primário nos EUA para o ano de 1993, o US EPA estimou as liberações totais de mercúrio em 57 kg por ano em 1994 advindas de fundições, com uma capacidade de produção de metal de aproximadamente 1,4 milhão de toneladas (capacidade de 1995/96) (US EPA, 1997b). Taxas de liberação atmosféricas correspondentes por saída de produto podem ser calculadas em aproximadamente 0,04g Hg/tonelada de "capacidade" de produção de metal.

Tabela 5-63 Exemplos de fatores de emissão para liberações atmosféricas diretas advindas da produção de cobre

País/ Região	Instalação/ localização	Liberações informadas de mercúrio para a atmosfera por saída do produto	Indicações de nível da tecnologia de redução de emissões (liberações atmosféricas)	Comentários	Referência dos dados
EUA	Média nacional	0,04g Hg/tonelada de "capacidade" de produção de metal		Liberações atmosféricas de Hg auto-informadas. Não está claro se "capacidade" retrata verdadeira produção	US EPA (1997a)
Canadá	Hudson Bay M&S, Manitoba	8,2 g Hg/tonelada de produto (zinco, cobre, etc.)	Parece ser moderado: PES, mas sem remoção de Hg ou produção de ácido		Environment Canada (2002)
	Noranda Horn	1,8 g Hg/tonelada de produto (cobre, etc.)	O forno e a nova linha de conversão estão equipados com PES, remoção de Hg e produção de ácido; conversores antigos que processam parte dos insumos só estão equipados com PES	Também processa cobre reciclado	Environment Canada (2002)
	Inco Copper Cliff	0,01 g Hg/tonelada de produto (cobre, níquel, etc.)	Linha de forno de efluentes gasosos com filtro de MP úmido e produção de ácido, mas sem remoção de Hg; somente secagem + etapa de conversão de efluentes gasosos com PES	Fundição conjunta níquel/cobre. Parte da escória do forno é utilizada para a construção de estradas de rodagem e de ferro. Os insumos aparentemente têm concentrações de Hg mais baixas de que para outras fundições canadenses mencionadas aqui(comentário dos autores deste Toolkit)	Environment Canada (2002)

525. De acordo com a European Commission (2001), a saída de subproduto de mercúrio na produção de metais não ferrosos somou estimadas 350 toneladas de mercúrio na Europa em 1997. Esses processos geralmente produzem mercúrio ou calomelano na faixa de 0,02-0,8 kg mercúrio por tonelada de (outros) metais produzidos; depende do teor de mercúrio nos concentrados de entrada.

5.2.5.5 Fatores de entrada e fatores de distribuição de saídas

526. Com base nas informações compiladas acima sobre as entradas e saídas e dos principais fatores que determinam as liberações, os seguintes fatores-padrão de entrada e distribuição são sugeridos para uso naqueles casos em que não existam dados específicos da fonte. Sublinha-se que os fatores-padrão sugeridos no presente Toolkit baseiam-se num banco de dados limitado e, como tal, devem ser considerados sujeitos a revisões à medida que se amplie o banco de dados. Ademais, os fatores-padrão apresentados são julgamento de especialistas com base apenas em dados resumidos.

527. O principal motivo de usarem-se os fatores-padrão é obter uma primeira impressão para saber se a subcategoria é uma fonte significativa de liberação de mercúrio no país. Em princípio, as estimativas de liberação teriam que ser mais aprimoradas (após o cálculo com fatores-padrão) antes que qualquer ação de largo alcance fosse empreendida com base nestas estimativas.

528. Devido à falta de dados, não se pode estabelecer fatores-padrão para os processos de mineração e concentração. Observe que isso implica que as estimativas de liberações de mercúrio calculadas a partir dos fatores-padrão provavelmente irão subestimar o total de liberações do setor.

a) Fatores-padrão de entrada de mercúrio

529. Os dados reais sobre os níveis de mercúrio na composição do determinado concentrado utilizado conduzirão às melhores estimativas de liberações.

530. Se não houver informações disponíveis sobre a concentração de mercúrio nos concentrados utilizados na fase de extração, uma primeira estimativa poderá ser realizada usando os fatores de entrada padrão selecionados na Tabela 5-64 a seguir(com base nos conjuntos de dados apresentados nesta seção). Como as concentrações variam muito, recomenda-se calcular e informar intervalos para as entradas de mercúrio nesta categoria de fonte. O limite inferior dos fatores-padrãofoiestabelecido para indicar uma estimativa baixa para a entrada de mercúrio para a categoria de fonte (mas não o mínimo absoluto), e o limite superior resultará numa estimativa elevada (mas não o máximo absoluto). A estimativa média é usada nos cálculos-padrão no Inventário Nível 1 deste Toolkit. Se intervalos não forem usados, recomenda-se o emprego do valor máximo para indicar a possível importância da categoria de fonte para outras investigações. O uso do limite superior não implica automaticamente que as verdadeiras liberações sejam tão altas assim, apenas que deverá ser objeto de mais investigações.

Tabela 5-64 Fatores-padrão de entrada para o mercúrio em concentrados na produção de cobre bruto

Material	Fatores-padrão de entrada; g mercúrio por tonelada de concentrado; inferior – superior (intermediário)
Concentrado de cobre	1-100 (30)

Nota: *1: O valor médio assimétrico é devido à distribuição desigual das concentrações de mercúrio em concentrados no mercado global; veja descrição de Hylander and Herbert (2008) acima.FALTA MENÇÃO AO *1 NA TABELA

531. Se desejado, esses fatores-padrão podem ser convertidos para uma base de entradas de mercúrio por cobre produzido utilizando uma relação de concentrado usado/cobre produzido de 2,11-7,17 (o valor intermediário, 3,58 toneladas de concentrado usado por tonelada de cobre produzido), como derivado pela UNEP/AMAP (2012). Os fatores correspondentes são: inferior, 2,1, médio 107,5 e superior 716,8 g mercúrio/tonelada de cobre produzido. Observe que os cálculos-padrão da planilha do Toolkit baseiam-se em mercúrio por concentrado.

b) Fatores-padrão de distribuição de saídas de mercúrio

532. Com base nos dados da distribuição das saídas de mercúrio apresentados nesta seção, bem como na seção acima sobre o zinco, são sugeridos os seguintes fatores-padrão.

Tabela 5-65 Fatores-padrão de distribuição de saídas para o mercúrio na extração do cobre de concentrados

Fase do ciclo de vida	Ar	Água	Solo *1	Produto *1, *2	Resíduos em geral	Destinação/tra-tamento específico do setor *1
Mineração e concentração	?	?	?	?	X	X
Produção de cobre a partir de concentrado						
Fundição sem filtros ou com apenas retenção de MP grosso e seco	0,90		?			0,10
Fundições com depuração úmida de gases	0,49	0,02	?			0,49
Fundições com depuração úmida de gases e fábricas de ácido	0,10	0,02	?	0,42		0,46
Fundições com depuração úmida de gases, fábricas de ácido e filtro específico de Hg	0,02	0,02	?	0,48		0,48

Notas: *1 Disposição de resíduos provavelmente irá variar muito entre países e talvez até entre instalações individuais e poderá ser no solo, em represas, muitas vezes no local.

*2: Subprodutos comercializados com teor de mercúrio incluem calomelano, mercúrio elementar, lodo para recuperação de mercúrio em outros locais, ácidos de lavagem de baixo grau, ácido sulfúrico, enxofre líquido e sólidos depositados durante a filtração ou outros resíduos vendidos ou transferidos para outras atividades de produção de metal ou outros setores.

c) Links para outras estimativas de fontes de mercúrio

533. No caso de fundições conjuntas produzindo vários metais não ferrosos a partir do mesmo concentrado, sugere-se atribuir as liberações de mercúrio para o metal produzido em quantidades maiores. No caso de processamento paralelo de concentrados diferentes em linhas de produção paralelas, atribuir as liberações de mercúrio separadamente para o principal metal produzido em cada linha.

5.2.4.6 Principais dados específicos da fonte

534. Os dados específicos da fonte mais importantes nesse caso seriam:

- os dados medidos, ou dados da literatura, das concentrações de mercúrio nos minérios e concentrados extraídos e processados na fonte;
- quantidade de minério/concentrados extraídos e processados; e
- dados medidos da distribuição de saídas de mercúrio com (de preferência, todos) os fluxos de saídas, incluindo a porcentagem de mercúrio retida pelo equipamento de redução de emissões utilizado na fonte (ou fontes semelhantes com equipamentos e condições de operação muito semelhantes).

535. A presença de uma unidade de remoção de mercúrio em uma fábrica de extração específica poderá indicar que uma grande parcela das saídas de mercúrio não é liberada para a atmosfera, mas é comercializada e vendida como um subproduto ou armazenada no local.

5.2.5 EXTRAÇÃO E PROCESSAMENTO INICIAL DE CHUMBO

536. A mineração industrial e as operações de extração de metal em grande escala são menos numerosas em qualquer país onde operam; suas matérias-primas e configurações de produção variam de forma significativa e podem ser importantes fontes de liberação de mercúrio. Dados esses fatores, recomenda-se fortemente fazer uso de uma abordagem de fonte pontual no inventário e compilar dados específicos das fontes pontuais junto às próprias empresas dedicadas a essa atividade, se factível, bem como junto a outras fontes de dados relevantes com conhecimento das instalações de produção específicas.

5.2.5.1 Descrição da subcategoria

537. O chumbo é extraído de um minério sulfurado, principalmente galena (sulfeto de chumbo), que também contém algum mercúrio (US EPA, 1997a). Os níveis de mercúrio nos minérios variam e, em alguns casos, podem ser elevados em relação a outras matérias-primas naturais (COWI, 2002).

538. Assim como descrito para o zinco (Seção 5.2.3), os resíduos e rejeitos de rocha poderão, como os concentrados gerados, conter vestígios de mercúrio. Este material é muito mais suscetível ao intemperismo devido ao tamanho reduzido das partículas e maior acessibilidade ao ar e à precipitação. Para os minérios sulfurados, que são tipos importantes de minério para a produção de diversos metais comuns, esse intemperismo libera e oxida o enxofre contido neles e produz o ácido sulfúrico. O ácido torna o mercúrio e os outros constituintes mais solúveis e, portanto, aumenta em muitas vezes a lixiviação do metal para o meio ambiente em comparação com o depósito mineral intocado. Este processo é chamado de "drenagem ácida de mina" e é considerada uma grave questão ambiental (EUROPEAN COMMISSION, 2003).

539. Durante a extração do chumbo do minério/concentrado, são usados processos que liberam mercúrio do material da rocha. Esse mercúrio poderá evaporar e se juntar aos fluxos gasosos dos processos de extração (na maioria dos casos) ou se juntar a fluxos de processo líquidos, dependendo da tecnologia de extração utilizada. Salvo se o mercúrio for capturado por etapas de processo dedicadas para este fim, a maior parte provavelmente será liberada para a atmosfera e para ambientes aquáticos e terrestres. O mercúrio retido poderá ser vendido na forma de "calomelano" (Hg_2Cl_2), normalmente vendido para a extração do mercúrio-metal em outros locais ou como mercúrio elementar beneficiado no local, ou poderá ser armazenado ou depositado como resíduos sólidos ou pastosos (ENVIRONMENT CANADA, 2002). Além dessas vias de saídas, parcelas da entrada de mercúrio seguem o ácido sulfúrico que é coproduzido em concentrações mínimas (EUROPEAN COMMISSION, 2001).

540. As principais etapas na extração de chumbo geralmente se assemelham ao processo de extração "pirometalúrgico" descrito para o zinco (Seção 5.2.3) e incluem a produção de concentrado rico em chumbo a partir do minério bruto, ustulação do concentrado e fundição/redução dos óxidos de metais em forno, ambos os processos a altas temperaturas. Em algumas instalações de produção, o concentrado não é sinterizado antes da introdução no forno. Nesses casos, a maior parte do mercúrio presente no concentrado deve se evaporar e seguir os fluxos de gás nas etapas do processo subsequente. Como para o zinco e cobre, o mercúrio presente nos efluentes gasosos da sinterização e fundição poderá ser removido numa etapa dedicada de remoção de mercúrio antes que os gases sejam levados à unidade de recuperação do ácido sulfúrico (se houver; veja descrição detalhada do processo na Seção 5.2.3). Chumbo é, por vezes, coproduzido com zinco ou outros metais não ferrosos. Para uma descrição completa dos processos de extração de chumbo, consulte,por exemplo (EUROPEAN COMMISSION, 2001).

541. Sucata de chumbo reciclada poderá ser acrescentada às matérias-primas nas etapas de sinterização ou fundição,mas isso não se considera uma importante fonte de entrada de mercúrio ao processo. O coque metalúrgico (ou gás combustível) é utilizado na etapa de redução no forno, mas não se espera que seja uma fonte importante de entrada de mercúrio ao processo, como (no caso do coque metalúrgico) a maior parte do mercúrio presente no carvão evapora no processo de produção de coque.

5.2.5.2 Principais fatores que determinam as liberações de mercúrio e saídas de mercúrio

Tabela 5-66 Principais liberações e meios receptores durante o ciclo de vida da extração e beneficiamento inicial do chumbo

Fase do ciclo de vida	Ar	Água	Solo	Produtos *2	Resíduos em geral	Destinação/tratamento específico do setor
Resíduos de mineração e produção de concentrados	x	X	X			X
Extração de chumbo do concentrado	X	X	X	X		X
Fabricação de chumbo refinado e produtos ***1**						
Uso do chumbo						
Destinação do chumbo						

Notas: *1: As liberações de mercúrio poderiam, em princípio, ocorrer por causa do uso de combustíveis fósseis, mas o chumbo metálico não deve ser uma fonte de entradas de mercúrio para as etapas de refino e fabricação.

*2: No ácido sulfúrico, derivados de mercúrio e talvez outros derivados de processos.

X – Via de liberação que se espera seja predominante na subcategoria.

x – Outras vias de liberação a serem consideradas em função da situação nacional e da fonte específica.

542. A concentração de mercúrio no minério e a quantidade de minérios extraída são fatores importantes para determinar as liberações de mercúrio.

543. A extração e beneficiamento primário do chumbo (também chamado de "fundição primária do chumbo")poderá levar a liberações de mercúrio para a atmosfera, meios aquáticos e terrestres e para acumulação de quantias substanciais de resíduos minerais que contêm mercúrio, que por sua vez poderá levar a liberações adicionais. O volume das liberações depende muito do cuidado com o qual se maneja os depósitos de resíduos (COWI, 2002). US EPA (1997a) informa que as reações de sinterização ocorrem a temperaturas muito elevadas (cerca de 1000°C) e os dispositivos de controle na maioria das fábricas (nos EUA) deve ter eficácia mínima na captura de mercúrio. Portanto, a maior parte do mercúrio no minério deveria vaporizar e ser emitida ao ar durante o processo de sinterização. Desde essa época podem ter havido melhorias nesse sentido no setor. Qualquer mercúrio residual que permaneça durante os processos de sinterização e ustulação geralmente deve ser liberado durante a etapa de redução (US EPA, 1997a).

544. Assim como com outros metais não ferrosos descritos anteriormente, a extração e o beneficiamento do chumbo muitas vezes incluem uma série de dispositivos de redução de emissões, com o potencial de reduzir as liberações diretas de mercúrio para a atmosfera, bem como para os ambientes aquáticos e terrestres. Essas tecnologias podem incluir a retenção de material particulado e liberações gasosas dos gases de escape, tratamento de águas residuais e, em alguns casos, filtros específicos para o mercúrio. A aplicação da tecnologia de redução das emissões atmosféricas normalmente resulta em resíduos sólidos ou fluidos adicionais (COWI, 2002).

5.2.5.3 Análise das entradas de mercúrio

Tabela 5-67 Visão geral dos dados de taxas de atividades e tipos de fatores de entrada de mercúrio necessários para estimar as liberações advindas da extração e processamento inicial do chumbo

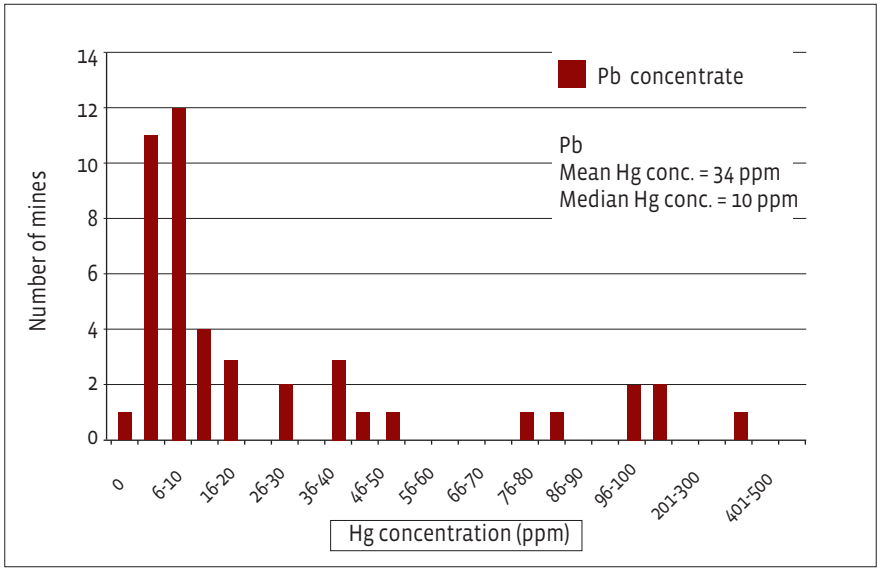
Fase do ciclo de vida	Dados de taxa de atividade necessários	Fator de entrada de mercúrio
Resíduos de mineração e produção de concentrados	Toneladas de material de rejeitos produzidas por ano	g mercúrio/tonelada de material de rejeitos produzidos *1
Entrada para a extração de chumbo primário do concentrado	Toneladas de concentrado usadaspor ano	g mercúrio/tonelada concentrado

Notas: *1 Esses resíduos podem incluir material de menor grau (concentrações menores de cobre) e as concentrações de mercúrio podem ser diferentes daquelas no material do minério de entrada. Se não houver dados de concentração para o material de rejeitos, os dados de concentração para o minério podem ser usados para se obter uma estimativa aproximada.

545. Os dois fatores de entrada mais importantes necessários para estimar as emissões de uma instalação nesta subcategoria são: uma estimativa da concentração média do mercúrio no concentrado de minério de chumbo usado na instalação e a capacidade anual da fábrica (em unidades como toneladas de concentrado de minério de chumbo processadas por ano).

546. A concentração de mercúrio em minérios de chumbo pode variar consideravelmente. Hylander and Herbert (2008) levantaram dados para as concentrações de mercúrio em concentrados para a produção de zinco, cobre e chumbo para todas as minas do mundo, para as quais existiam dados disponíveis nos estudos de mercado publicados por BrookHunt and Associates Ltd. (2005; 2006a; 2006b). Os dados individuais são confidenciais, mas foram agregados em gráficos mostrando a distribuição de concentração de mercúrio nos concentrados relevantes; consulte a Figura 5-6 para dados sobre os concentrados de chumbo. Os autores observam que não havia dados disponíveis para as minas chinesas.

Figura 5-6 Distribuição das concentrações de mercúrio em chumbo em todo o mundo (impresso com autorização de Hylander and Herbert, 2008. (Copyright 2008 American Chemical Society)



Number of mines	Número de minas
Pb concentrate	Concentrado de Pb
Pb	Pb
Mean Hg conc. = 34 ppm	Conc. média de Hg = 34 ppm
Median Hg conc. = 10 ppm	Conc. mediana de Hg = 10 ppm
Hg concentration (ppm)	Concentração de Hg (ppm)

547. A UNEP/AMAP (2012) propôs os seguintes fatores-padrão de entrada de mercúrio para a extração do chumbo com base em (HYLANDER AND HERBERt, 2008), bem como outras informações: mínimo: 2; médio: 30 e máximo: 60 g mercúrio/tonelada usada de concentrado. Convertido para uma base de chumbo produzido, os fatores correspondentes foram respectivamente de 2,8, 75 e 214,3 g/tonelada de cobre produzido, quando se utiliza uma relação concentrado usado/chumbo produzido de 1,39-3,57 (valor intermediário 2,50).

548. Alguns outros dados sobre as concentrações de mercúrio nos concentrados de chumbo estão apresentados na Tabela 5-68.

Tabela 5-68 Exemplos de concentrações de mercúrio nos concentrados para a produção de chumbo

País	Localização	Tipo	Concentração média de Hg, g Hg/tonelada	Faixa de concentração de Hg em amostras,g/tonelada	Fonte de dados
Em concentrados					
Canadá	Brunswik Works	Concentrado de chumbo	2,7		Klimenko and Kiazimov, 1987
EUA	Missouri	Concentrado de chumbo	0,2		US EPA, 1997a
Federação Russa	Desconhecido	Concentrado de tipo chumbo-e-zinco estratiforme		2–290	Bobrova et al., 1990; Ozerova, 1986
Global		Média global	34 (mediana de 10)	(veja Figura 5-6)	Hylander and Herbert (2008)
China		2 fundições de chumbo		2,15 e 18,7	Zhang et al. (2012)
		Valor médio típico	30		Outotec (2012)

5.2.5.4 Exemplos de mercúrio em liberações e resíduos/rejeitos

549. Zhang et al. (2012) apresentaram detalhados balanços de massa para seis fundições de metais não ferrosos (zinco, chumbo e cobre) com emissões atmosféricas relativamente baixas na China. Os resultados do estudo estão na seção sobre extração de zinco descritos anteriormente. Os poucos dados disponíveis não indicam grandes diferenças no padrão de distribuição de saídas de mercúrio entre a produção de diferentes metais comuns.

550. Klimenko and Kiazimov (1987) informam as concentrações de mercúrio em material de rejeitos de 0,69 g/tonelada da produção conjunta de chumbo, zinco, cobre e concentrados de compostos (com a concentração de mercúrio no minério de entrada de 2,1 g Hg/tonelada de minério), indicando que as concentrações em material de rejeitos poderão ser significativas.

551. US EPA estimou que 0,10 tonelada de mercúrio foi emitida das fundições de chumbo nos EUA em 1994. Supondo que todo o mercúrio no minério é liberado para a atmosfera, essa estimativa de emissões pode ser calculada multiplicando a capacidade total (370.000 toneladas) pela concentração média de mercúrio nestes concentrados de minério (0,2 ppm). Contudo, US EPA na verdade utiliza uma equação um pouco mais complicada (que pode ser vista no Apêndice A do relatório US EPA, 1997a).

5.2.5.5 Fatores de entrada e fatores de distribuição de saídas

552. Com base nas informações compiladas acima sobre as entradas e saídas e dos principais fatores que determinam as liberações, os seguintes fatores-padrão de entrada e distribuição são

sugeridos para uso naqueles casos em que não existam dados específicos da fonte. Ressalta-se que esses fatores-padrão têm por base um banco de dados limitado e, como tal, devem ser considerados sujeito a revisões.

553. O principal motivo de usarem-se os fatores-padrão é obter uma primeira impressão para saber se a subcategoria é uma fonte significativa de liberação de mercúrio no país. Em princípio, as estimativas de liberação teriam que ser mais aprimoradas (após o cálculo com fatores-padrão) antes de qualquer ação de largo alcance fosse empreendida com base nestas estimativas.

554. Devido à falta de dados, não se podem estabelecer fatores-padrão para os processos de mineração e concentração. Observe que isso implica que as estimativas de liberações de mercúrio calculadas a partir dos fatores-padrão provavelmente irão subestimar o total de liberações do setor.

a) Fatores-padrão de entrada de mercúrio

555. Os dados reais sobre os níveis de mercúrio na composição do determinado concentrado utilizado conduzirão às melhores estimativas de liberações.

556. Se não houver informações disponíveis sobre a concentração de mercúrio nos concentrados utilizados na fase de extração, uma primeira estimativa poderá ser realizada usando os fatores de entrada padrão selecionados na Tabela 5-69a seguir(com base nos conjuntos de dados apresentados nesta seção). Como as concentrações variam muito, recomenda-se calcular e informar intervalos para as entradas de mercúrio nesta categoria de fonte. O limite inferior dos fatores-padrão foi estabelecidas para indicar uma estimativa baixa para a entrada de mercúrio para a categoria de fonte (mas não o mínimo absoluto) e o limite superior resultará numa estimativa elevada (mas não o máximo absoluto). A estimativa média é usada nos cálculos padrão no Inventário Nível 1 deste Toolkit. Se intervalos não forem usados, o emprego do valor máximo proverá a indicação mais segura da possível importância da categoria de fonte para outras investigações. O uso do limite superior não implica automaticamente que as verdadeiras liberações sejam tão altas assim, apenas que deverá ser objeto de mais investigações.

Tabela 5-69 Fatores-padrão de entrada para o mercúrio em concentrados de chumbo usados na extração de chumbo

Matéria-prima	Fatores-padrão de entrada; g mercúrio por tonelada de concentrado; (inferior – superior (intermediário))
Concentrado de chumbo	2-60 (30)

557. Se desejado, esses fatores-padrão podem ser convertidos para uma base de entradas de mercúrio por chumbo produzido utilizando uma relação de concentrado usado/chumbo produzido de 1,39-3,57 (o valor intermediário, 2,5 toneladas de concentrado usado por tonelada de chumbo produzido), como derivado pela UNEP/AMAP (2012). Os fatores correspondentes são: inferior, 2,8, 75 e 214,3 g mercúrio/tonelada de chumbo produzido. Observe que os cálculos-padrão da planilha do Toolkit baseiam-se em mercúrio por concentrado.

b) Fatores-padrão de distribuição de saídas de mercúrio

558. Com base nos dados da distribuição das saídas de mercúrio apresentados nesta seção, bem como na seção acima sobre o zinco, são sugeridos os seguintes fatores-padrão.

Tabela 5-70 Fatores-padrão de distribuição de saídas para o mercúrio na extração do chumbo de concentrados

Fase do ciclo de vida	Ar	Água	Solo *1	Produto *1, *2	Resíduos em geral	Destinação/tratamento específico do setor *1
Mineração e concentração	?	?	?	?	x	x
Produção de chumbo de concentrado						
Fundição sem filtros ou com apenas retenção de MP grosso e seco	0,90		?			0,10
Fundições com depuração úmida de gases	0,49	0,02	?			0,49
Fundições com depuração úmida de gases e fábricas de ácido	0,10	0,02	?	0,42		0,46
Fundições com depuração úmida de gases, fábricas de ácido e filtro específico de Hg	0,02	0,02	?	0,48		0,48

Notas: *1 Disposição de resíduos provavelmente irá variar muito entre países e talvez até entre instalações individuais e poderá ser no solo, em represas, muitas vezes no local.

*2 Subprodutos comercializados com teor de mercúrio incluem, entre outros, calomelano, mercúrio elementar, lodo para recuperação de mercúrio em outros locais, ácidos de lavagem de baixo grau, ácido sulfúrico, enxofre líquido e sólidos depositados durante a filtração ou outros resíduos vendidos ou transferidos para outras atividades de produção de metal ou outros setores.

c) Links para outras estimativas de fontes de mercúrio

559. No caso de fundições conjuntas produzindo vários metais não ferrosos a partir do mesmo concentrado, sugere-se atribuir as liberações de mercúrio para o metal produzido em quantidades maiores. No caso de processamento paralelo de concentrados diferentes em linhas de produção paralelas, atribuir as liberações de mercúrio separadamente para o principal metal produzido em cada linha.

5.2.3.6 Principais dados específicos da fonte

560. Os dados específicos da fonte mais importantes nesse caso seriam:

- os dados medidos, ou dados da literatura, das concentrações de mercúrio nos minérios e concentrados extraídos e processados na fonte;
- quantidade de minério/concentrados extraídos e processados; e
- dados medidos da distribuição de saídas de mercúrio com (de preferência, todos) os fluxos de saídas, incluindo a porcentagem de mercúrio retida pelo equipamento de redução de emissões utilizado na fonte (ou fontes semelhantes com equipamentos e condições de operação muito semelhantes).

561. A presença de uma unidade específica de remoção de mercúrio numa fábrica de extração poderá indicar que uma grande parcela das saídas de mercúrio não é liberada para a atmosfera, mas é comercializada como subproduto ou armazenada no local.

5.2.6 EXTRAÇÃO E PROCESSAMENTO INICIAL DE OURO USANDO OUTROS MÉTODOS QUE NÃO A AMALGAMAÇÃO

562. Assim como para a extração de outros metais não ferrosos, as descrições quantitativas do balanço de massa do mercúrio nas operações de extração do ouro — estimativas correspondentes de entradas e distribuição de saídas — parecem não estar disponíveis. Portanto,os aspectos quantitativos da descrição nesta seção representam uma espécie de quebra-cabeça de diferentes fontes. A mineração industrial e as operações de extração de metal em grande escala são menos numerosas em qualquer país onde operam; suas matérias-primas e configurações de produção

variam de forma significativa e podem ser importantes fontes de liberação de mercúrio. Dados esses fatores, recomenda-se fortemente fazer uso de uma abordagem de fonte pontual no inventário e compilar dados específicos das fontes pontuais junto às próprias empresas dedicadas a essa atividade, se factível, bem como junto a outras fontes de dados relevantes com conhecimento das instalações de produção específicas.

5.2.6.1 Descrição da subcategoria

563. O minério para a extração de ouro, muitas vezes sob a forma de minério sulfurado, pode conter vestígios de mercúrio que, em alguns casos, podem ser elevados em comparação com outras matérias-primas naturais. Em alguns minérios de ouro, as concentrações de mercúrio podem ser tão altas como as concentrações de ouro. O teor de mercúrio no minério de ouro em alguns casos é suficientemente grande para motivar a recuperação do mercúrio dos resíduos sólidos da extração do ouro para fins comerciais. Essa recuperação e comercialização do mercúrio derivado da extração do ouro é responsável por parte da oferta atual de mercúrio no mercado internacional. Essa recuperação também pode ser parcialmente motivada pelo desejo de reduzir as liberações desse mercúrio da produção de ouro e também porque esse mercúrio poderá ser usado como substituto da mineração primária do mercúrio (COWI, 2002).

564. Os processos de extração do ouro podem ser fontes significativas de liberações de mercúrio, mesmo se não houver uso intencional de mercúrio (amalgamação). O garimpo do ouro é uma das maiores fontes de liberações de mercúrio nas atividades de extração de metais nos países do Ártico (MAAG, 2004). Tanto as liberações no solo quanto na atmosfera podem ser significativas.

565. Os procedimentos de extração para recuperação do ouro consistem em diversas etapas a temperaturas suficientemente altas para liberar termalmente o mercúrio, bem como etapas onde são produzidas quantidades significativas de resíduos sólidos ou líquidos que possa conter mercúrio e ser destinadas.

566. Observe que em alguns países o ouro é produzido pelo reprocessamento de antigos rejeitos de minas, onde o processo de amalgamação tenha sido usado no passado, e pelo processo moderno com cianeto, que é mais eficaz (LASSEN et al., 2004). Isso pode levar a liberações substanciais de mercúrio, se o mercúrio não for retido por métodos eficazes de controle da poluição. Não se sabe o quanto essa forma de produção é difundida em todo o mundo.

Processos envolvidos

567. Os processos de extração são uma combinação de operações gerais da unidade fisioquímica (como descrito em mais detalhes para o zinco) e processos químicos específicos desenhados para separar o ouro de outros constituintes do minério/concentrado usado. De acordo com Renner (2000), os processos podem incluir flotação e/ou concentração por gravidade, mas o minério inteiro também é processado diretamente em alguns casos (BOOZ ALLEN & HAMILTON, 2001). Geralmente se emprega a ustulação ou oxidação úmida("tratamento em autoclave") do minério ou dos concentrados (veja descrição de ustulação na Seção 5.2.3 sobre extração de zinco). A etapa mais importante é a lixiviação do minério (ou concentrado) com cianeto de sódio em uma pasta aquosa alcalina. O cianeto dissolve o ouro do material rochoso. As etapas subsequentes geralmente seguem uma de duas linhas: 1) os resíduos sólidos são filtrados e a solução resultante é tratada com pastilhas de zinco para precipitar o ouro, que depois é tratado com ácido sulfúrico e secado e ustulado a 800°C para oxidar o chumbo, zinco e ferro. Fundente de bórax é acrescentado e o material é derretido para produzir ouro bruto com conteúdo de ouro de 80-90%. 2) Carbono é acrescentado à pasta concentrada de cianeto num processo de múltiplas etapas, o ouro é absorvido no material do carbono (processo "carbono-na-polpa")

e depois o carbono que contém o ouro é separado da pasta. O ouro é novamente eluído do carbono com uma solução de cianeto cáustico, da qual o ouro é finalmente separado por eletrólise ("recuperação eletrolítica", veja Seção 5.2.4). O carbono é lavado com ácido, reativado a altas temperaturas num forno e reciclado de volta ao processo. Mesmo quando o processo de cianetação é utilizado como processo principal, uma corrente adicional de minério de ouro graúdo ou sulfídico pode às vezes ser tratado com a amalgamação de mercúrio (RENNER, 2000; BOOZ ALLEN & HAMILTON, 2001).

5.2.6.2 Principais fatores que determinam as liberações de mercúrio e saídas de mercúrio

Tabela 5-71 Principais liberações e meios receptores durante a extração e processamento inicial do ouro por métodos diferentes de amalgamação de mercúrio

Fase do ciclo de vida	Ar	Água	Solo	Produtos	Resíduos em geral	Destinação/tra-tamento específico do setor
Resíduos de mineração e produção de concentrados	x	X	X		x	X
Extração de ouro do minério ou concentrado	X	x	X	X	x	X
Fabricação de ouro refinado e produtos						
Uso do ouro						
Destinação do ouro						

Notas: X – Via de liberação que se espera seja predominante na subcategoria
x – Outras vias de liberação a serem consideradas em função da situação nacional e da fonte específica

568. O mercúrio e compostos de mercúrio podem ser processados como um constituinte traço ou recuperado como um produto secundário dos minérios de ouro. Muitas minas extraem, trasladam, processam e dispõem de grandes quantidades de resíduos de rochas e materiais mineralizados que muitas vezes contêm baixas concentrações de mercúrio advindas do material do minério. A grande maioria deste material é sujeita a lagunagem ou colocada no solo e às vezes informam os metais como liberações locais no solo. Esse material que foi previamente enterrado é exposto à lixiviação potencial por chuva, neve e drenagem ácida de minas e precisa ser manejado e monitorado com cuidado para evitar qualquer contaminação das águas de superfície ou das águas subterrâneas. Pode também haver liberações de mercúrio na atmosfera advindas do pré-processamento do minério e das operações de refino.

569. A extração e processamento primário do ouro podem levar a liberações de mercúrio para a atmosfera, para os ambientes aquáticos e terrestres e à acumulação de quantidades substanciais de resíduos minerais que contêm mercúrio, que por sua vez podem levar a liberações adicionais. O volume das liberações depende muito do cuidado com o qual se maneja os depósitos de resíduos.

570. A produção do ouro em larga escala poderá usar sistemas de mitigação de poluição atmosférica. Algumas das tecnologias mencionadas para a extração de zinco são aplicadas. As técnicas podem envolver tanto os sistemas gerais de retenção de vários poluentes (filtros de poeira, etc.), quanto filtros específicos de mercúrio bem como os filtros de carvão ativado, que podem ser mais utilizados nas instalações de extração do ouro em grande escala do que em outras produções primárias de metais não-ferrosos. A tecnologia de redução de liberações normalmente produz resíduos sólidos ou líquidos adicionais, que também pode levar a liberações (COWI, 2002). O volume dessas liberações depende de como os resíduos são manejados.

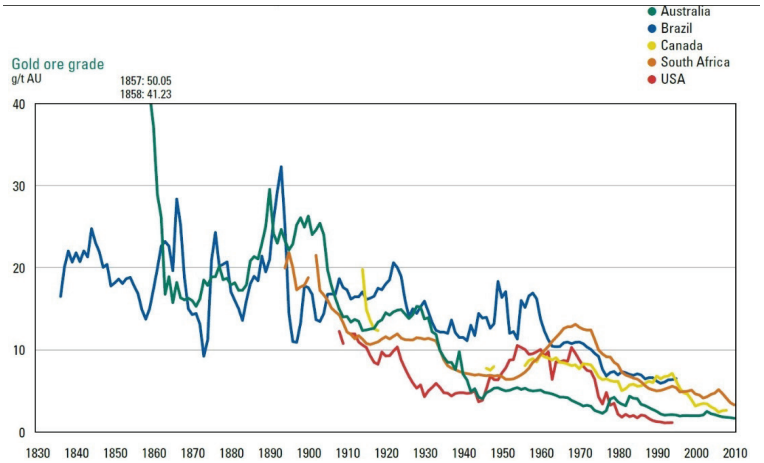
Tabela 5-72 Visão geral dos dados de taxas de atividades e tipos de fatores de entrada de mercúrio necessários para estimar as liberações advindas da extração em larga escala e processamento inicial do ouro (por métodos que não sejam a amalgamação com mercúrio)

Fase do ciclo de vida	Dados de taxa de atividade necessários	Fator de entrada de mercúrio
Extração e processamento	Quantidade de material/minério processado por ano ou quantidade de ouro produzida	Concentração de Hg no material/minério processado ou quantidade de mercúrio liberado por tonelada de ouro produzida

571. Booz Allen & Hamilton (2001) informam, com base em análise de literatura, que as concentrações típicas de mercúrio no minério de ouro na parte ocidental dos EUA variam de 1-200 g/tonelada minério. Jones e Miller (2005) afirmam que as concentrações de mercúrio podem variar de <0,1 até mais de 100 g mercúrio/tonelada de minério. De acordo com o relatório dos EUA para o PNUMA (US, 2010) para o chamado Estudo §29(??)sobre mercúrio, a concentração de mercúrio no ouro dos minérios extraídos nos EUA varia de menos 0,1 partes por milhão (ppm = g/t minério) até cerca de 30 ppm. As minas de ouro em Nevada têm as maiores concentrações de mercúrio. As minas nos outros estados têm concentrações mais baixas de mercúrio. Outotec (2012) informa que as concentrações de mercúrio no minério de ouro variam; exemplos de países com altas concentrações são os EUA e a Austrália. Mais informações foram solicitadas em 2012 do setor de mineração de ouro global para este Toolkit, mas não houve resposta.

UNEP/AMAP (2012) usou um fator de entrada de 5,5 g Hg/tonelada de minério, com base nas mesmas informações citadas acima. De acordo com dados apresentados na Figura 5-7, presume-se um valor de 4 g Au/tonelada de minério, resultando numa razão de 250.000 toneladas de minério para cada tonelada de ouro, da qual derivaram fatores de emissão equivalentes para o mercúrio por tonelada produzida de ouro.

Figura 5-7 O desenvolvimento da concentração de ouro no minério de ouro de diversos países (UNEP, 2011c, citando Giurco et al., 2010)



Australia	Austrália
Brazil	Brasil
Canada	Canadá
South Africa	África do sul
USA	EUA
Gold ore grade	Grau de minério de ouro
g/t Au	g/t Au

5.2.6.3 Exemplos de mercúrio em liberações e resíduos/rejeitos

572. Com base em dados informados por 25 minas de ouro na parte ocidental dos EUA, um total de 5.474 kg de mercúrio foi emitido no ar, 0,4 kg na água, 1.886.921 kg no solo, no local, e 594 kg foram liberados em outros locais (US EPA, 2003a).

573. Em novo conjunto de dados dos EUA (TRI, 2008), 24 minas de ouro nos EUA informaram que um total de 1.991 kg de compostos de mercúrio foi emitido no ar, 0,4 kg na água, 2.430.750 kg no solo, no local, e 808 kg foram transferidos para outros locais, principalmente para a reciclagem de mercúrio. Estes números indicam, juntamente com outras evidências, uma diminuição das liberações atmosféricas da moderna mineração de ouro nos EUA, um desenvolvimento que não deve necessariamente ser visto como generalizado em todo o mundo, já que as instalações dos EUA têm ampla cobertura de sistemas de depuração de gases de combustão. As liberações das 10 instalações que mais liberam mercúrio estão na tabela a seguir. Observe que a base "compostos de mercúrio" foi informada em TRI, 2008,fato que introduz uma incerteza, isto é, se todas as liberações podem ser consideradas na mesma base. Isso também pode predispor a distribuição relativa de liberações apresentada para frações maiores liberadas no solo do que na realidade, contabilizado unicamente com base no mercúrio.

574. Os dados das 10 minas de ouro nos EUA que informaram as maiores liberações estão relacionados na tabela a seguir.

575. De acordo com Jasinski (1994), 114 toneladas de mercúrio foram produzidas como derivados ("recuperados") das operações de garimpo de ouro em 1990.

Tabela 5-73 Liberações em kg de "compostos de mercúrio" das 10 minas de ouro que mais emitem nos EUA (TRI, 2008)

Instalação	Total de liberações no ar	Descarga em águas superficiais	Total das liberações no solo *in loco*	Total das transferências para outros locais para dar continuação à gestão de resíduos (principalmente reciclagem)	Total de liberações
1	492	0	826.871	0	827.362
2	51	0	589.670	0	589.721
3	833	0	540.988	0	541.821
4	206	0,2	180.530	219	180.955
5	20	0	133.531	0	133.552
6	42	0	36.542	436	36.585
7	138	0	34.622	0	34.760
8	4	0	31.885	28	31.889
9	2	0	31.751	0	31.753
10	99	0	9.019	0	9.118
Soma das 10 mais	1,886	0,2	2.415.410	684	2.417.516
Percentual do total geral	0,08%	0,00001%	99,91%	0,03%	100%

Notas: ND = nenhum dado identificado.

*1 A razão pela inconsistência entre os números informados para "total de liberações *in loco*", "total de liberações em outros locais" e "total de liberações *in loco* e em outros locais" não está clarana referência.

576. As informações submetidas ao 1998 Toxic Release Inventory – TRI (Inventário de Liberações Tóxicas de 1998) pelas mineradoras de ouro nos EUA revelaram que essas minas são fontes significativas de emissões atmosféricas (US EPA, 2003a). Entretanto, como a tabela acima mostra, a grande maioria (> 99%) de todas as liberações informadas foram liberações *in loco* no solo. Dados

do TRI sobre liberações na água são escassos. Para as minas onde as liberações na água foram informadas, aparentam ser uma fração minúscula das liberações totais. As liberações para o ar informadas são provavelmente liberações diretas da produção. Em princípio, liberações difusas adicionais para o ar podem ocorrer a partir do material liberado no solo. No entanto, nenhuma informação está disponível sobre a forma das liberações no solo, a mobilidade do mercúrio nas liberações ou as concentrações de mercúrio das liberações no solo.

577. A produção informada de ouro das minas nos EUA de 1999-2003 ("de cerca de duas dúzias de minas") está apresentada na Tabela 5-74 (USGS, 2004).

Tabela 5-74 Produção informada de ouro de minas nos EUA de 1999-2003; toneladas/ano (USGS, 2004)

	1999	2000	2001	2002	2003 *1
Produção da mina, toneladas de ouro	341	353	335	298	266

Notas: *1 2003 Estimado por USGS.

578. Presumindo que o total de liberações de mercúrio informado por US EPA (2003) de 25 minas de ouro nos EUA vem das mesmas "cerca de duas dúzias de minas" para as quais USGS (2004) relatou a produção de ouro, podem ser calculadas estimativas aproximadas das liberações médias de mercúrio por tonelada produzida de ouro. É provável que os dados de liberações de US EPA descrevam a situação de 1999-2001, quando a produção anual informada de ouro das minas foi de 343 toneladas/ano na média. Portanto, estimativas aproximadas calculadas das liberações médias de mercúrio por tonelada produzida de ouro estão na Tabela5-75.

Tabela 5-75 Estimativas calculadas das liberações médias informadas de mercúrio por tonelada produzida de ouro nos EUA; kg Hg/toneladas produzidas de ouro

	Liberações no ar	Liberações no solo
Kg informados de liberações de mercúrio por tonelada produzida de ouro *1	20	6.000

Notas: *1 Arredondado para refletir a incerteza associada.

5.2.6.4 Fatores de entrada e fatores de distribuição de saídas

579. Com base nas informações compiladas acima sobre as entradas e saídas e dos principais fatores que determinam as liberações, os seguintes fatores-padrão preliminares de liberação são sugeridos para uso naqueles casos onde não existam dados específicos da fonte. Ressalta-se que esses fatores-padrão têm por base um banco de dados limitado em que, como tal, devem ser considerados preliminares e sujeitos a revisões.

580. O principal motivo de usarem-se os fatores-padrão é obter uma primeira impressão para saber se a subcategoria é uma fonte significativa de liberação de mercúrio no país. Em princípio, as estimativas de liberação teriam que ser mais aprimoradas (após o cálculo com fatores-padrão) antes que qualquer ação de largo alcance fosse empreendida com base nestas estimativas.

a) Fatores-padrão de entrada de mercúrio

581. Os dados reais sobre os níveis de mercúrio na composição do determinado concentrado utilizado conduzirão às melhores estimativas de liberações.

582. Se não houver informações disponíveis sobre a concentração de mercúrio nos concentrados utilizados na fase de extração, uma primeira estimativa poderá ser realizada usando os fatores de entrada padrão selecionados na Tabela 5-76a seguir (com base nos conjuntos de dados apresentados

nesta seção). Como as concentrações variam muito, recomenda-se calcular e informar intervalos para as entradas de mercúrio nesta categoria de fonte. O limite inferior dos fatores-padrão foi estabelecido para indicar uma estimativa baixa para a entrada de mercúrio para a categoria de fonte (mas não o mínimo absoluto), e o limite superior resultará numa estimativa elevada (mas não o máximo absoluto). A estimativa média é usada nos cálculos padrão no Inventário Nível 1 deste Toolkit. Se intervalos não forem usados no Nível 2, o emprego do valor máximo proverá a indicação mais segura da possível importância da categoria de fonte para outras investigações. O uso do limite superior não implica automaticamente que as verdadeiras liberações sejam tão altas assim, apenas que deverá ser objeto de mais investigações.

Tabela 5-76 Fatores-padrão *preliminares* de entrada para o mercúrio nos concentrados para a produção do ouro sem o uso de amalgamação de mercúrio

Material	Fatores-padrão de entrada; g mercúrio por tonelada de minério; inferior – superior (intermediário)
Minério de ouro	1-30 (15)

583. Se desejado, esses fatores-padrão podem ser convertidos para uma base de entrada de mercúrio por ouro produzido por meio do uso de uma relação (minério usado)/(ouro produzido) de 250.000 toneladas usadas de minério/tonelada produzida de ouro, derivada da Figura 5-7 acima. Os fatores de entrada correspondentes são: inferior, 250;intermediário,3.750 e superior,7.500 kg mercúrio/tonelada produzida de ouro. Observe que os cálculos-padrão da planilha do Toolkit baseiam-se no mercúrio por minério.

b) Fatores-padrão de distribuição de saídas de mercúrio

584. Dados que permitam a definição de fatores-padrão de distribuição de saídas para a extração de ouro sem o uso de amalgamação de mercúrio são escassos, como descrito anteriormente. Um conjunto preliminar de fatores-padrão de distribuição de saídas para esta subcategoria foi, no entanto, definido com base nos dados disponíveis. Saídas no solo, água e produtos ligeiramente maiores do que nos dados de 2008 dos EUA são sugeridos aqui para sinalizar que quantidades substanciais de mercúrio podem seguir essas vias nos casos onde as liberações atmosféricas não são retidas de forma tão eficaz quanto nos EUA (em 2008).

Tabela 5-77 Fatores-padrão *preliminares* de distribuição de saídas para o mercúrio na extração do ouro de minérios sem amalgamação

Fase do ciclo de vida	Ar *1	Água *1	Solo *1	Produto *1	Resíduos em geral	Destinação/tratamento específico do setor *1
Mineração e produção de ouro a partir de minérios	0,04	0,02	0,9	0,04	?	?

Notas: *1 A retenção de mercúrio e a disposição de resíduos provavelmente irá variar muito de país para país e instalações individuais. As liberações no solo provavelmente serão as dominadoras (veja dados acima); a distribuição das saídas restantes de mercúrio no ar, água e produtos (mercúrio para comercialização) se baseia em muito poucos dados e é apenas para sinalizar que quantidades substanciais de mercúrio podem seguir essas vias.

c) Links para outras estimativas de fontes de mercúrio

585. Nenhum link sugerido.

5.2.6.5 Principais dados específicos da fonte

586. Os dados específicos da fonte mais importantes nesse caso seriam:

- os dados medidos, ou dados da literatura, das concentrações de mercúrio nos minérios extraídos e processados na fonte;
- quantidade de minério extraído e processado; e
- dados medidos da distribuição de saídas de mercúrio com (de preferência, todos) os fluxos de saídas, incluindo a porcentagem de mercúrio retida pelo equipamento de redução de emissões utilizado na fonte (ou fontes semelhantes com equipamentos e condições de operação muito semelhantes).

5.2.7 EXTRAÇÃO E PROCESSAMENTO INICIAL DE ALUMÍNIO

587. O minério de alumínio, comumente bauxita, é refinado em óxido de alumínio hidratado (alumina) e depois reduzido por meio eletrolítico para formar alumínio metálico. O processo utiliza minério, combustíveis fósseis e materiais auxiliares a base de hidrocarbonetos, que podem conter vestígios de mercúrio. O mercúrio pode ser liberado para o meio ambiente. A produção de alumínio é uma das maiores fontes de mercúrio na atmosfera na Austrália, um país com atividade substancial nesse setor (Relatório Australiano para a Avaliação Mundial do Mercúrio – UNEP, 2002; NPI, 2004).

Produção de alumina a partir da bauxita

588. A produção de alumina é dominada por uns pouco países onde os depósitos de bauxita são abundantes. Por exemplo, a produção de alumina de bauxita é uma das principais categorias de fontes de liberação de mercúrio na Austrália (um grande produtor de alumina e alumínio). Quatro instalações informaram liberações atmosféricas na faixa de 220-430 kg de mercúrio cada em 2004 e nenhuma ou mínima liberação no solo e na água (NPI, 2004).Em 2008, cinco instalações informaram liberações atmosféricas na ordem de 140-360 de kg mercúrio cada (NPI, 2009).

589. A seguinte descrição tem por base um documento orientador australiano para estimar as emissões da produção de alumina (NPI, 1999a): o beneficiamento da bauxita inclui moagem, digestão, secagem e calcinação. Esses processos resultam em emissões atmosféricas e na formação de material de processo exaurido. No processo de digestão, a bauxita, finamente moída, é misturada com uma solução de hidróxido de sódio e com cal depois se provoca uma reação a alta temperatura e pressão a fim de remover os óxidos de ferro e os óxidos de silício. Forma-se o aluminato de sódio, e os óxidos de silício, ferro, titânio e cálcio formam os componentes insolúveis do resíduo sólido. Durante o processo de digestão, componentes orgânicos voláteis do minério são ventilados e liberados no ar como emissões fugitivas. No processo de secagem/calcinação, a alumina com granulometria grossa é calcinada em fornos rotativos ou calcinadores de leito fluidizado a uma temperatura de cerca de 1.000º C. Os calcinadores produzem gases de escape quentes que contêm alumina e vapor d'água. Dois tipos de fornos são usados na indústria de refino: à base de oxalato e à base de licor. Equipamentos de controle típicos incluem separadores de ciclone, seguidos de PES. O equipamento de controle também pode ser usado para recuperar produtos, além de minimizar emissões. Observe que as emissões associadas a essa atividade dependem do combustível específico usado.

Produção de alumínio a partir da alumina

590. As fábricas de produção de alumínio geralmente são instaladas em locais com fornecimento barato de energia (por exemplo, energia hidráulica) e a matéria-prima alumina é comercializada em todo o mundo. No entanto, às vezes as fábricas são instaladas perto das fontes de alumina.

5.2.7.1 Principais fatores que determinam as liberações de mercúrio e saídas de mercúrio

Tabela 5-78 Principais liberações e meios receptores durante o ciclo de vida da extração do alumínio e produção de alumina

Fase do ciclo de vida	Ar	Água	Solo	Resíduos em geral	Destinação/tratamento específico do setor
Extração e processamento	X		x		X

Notas: X – Via de liberação que se espera seja predominante na subcategoria
x – Outras vias de liberação a serem consideradas em função da situação nacional e da fonte específica

Tabela 5-79 Visão geral dos dados de taxas de atividades e tipos de fatores de entrada de mercúrio necessários para estimar as liberações advindas da extração e processamento inicial do alumínio

Fase do ciclo de vida	Dados de taxa de atividade necessários	Fator de entrada de mercúrio
Produção de alumina da bauxita	Toneladas de bauxita usadas por ano	g mercúrio/tonelada de bauxita usada
Produção de alumínio a partir da alumina	Toneladas de matéria-prima usadas por ano	g mercúrio/tonelada de matéria-prima

Notas: *1 Esses resíduos podem incluir material de menor grau (concentrações menores de cobre) e as concentrações de mercúrio podem ser diferentes daquelas no material do minério de entrada. Se não houver dados de concentração para o material de rejeitos, os dados de concentração para o minério podem ser usados para se obter uma estimativa aproximada.(VER NA TABELA)

Produção de alumina a partir da bauxita

591. O documento australiano de orientação para estimar as emissões da produção de alumina (NPI, 1999a) não fornece uma clara resposta sobre quais matérias-primas são as principais fontes de entrada de mercúrio ao processo, mas, no entanto, indica (ao fornecer os fatores de emissão para tipos de óleos pesados e tipos de gases usados) que os combustíveis utilizados para a produção de calor para o processo são importantes fontes de entrada. Da mesma forma, NPI (2004) apresenta dados gerais sobre a concentração de mercúrio na bauxita (<0,03 g/tonelada) e "lama vermelha" (<0,05 g/tonelada), o resíduo sólido formado a partir de produção de alumina.

592. No Suriname, o mercúrio em 5 tipos de bauxita varia de 0,18 a 2,2 g/toneladas e a bauxita é responsável por 99,98% da entrada de mercúrio para o refino de alumina (Suralco, 2007). As vias de saídas em 2005 foram 70% com resíduos, 7% com águas residuais, 15% (9% em 2003) coletado se 8% emissões atmosféricas (16% em 2003). A redução das emissões ocorreu devido à instalação de um sistema de coleta de mercúrio.

593. De acordo com Alcoa (2009), a bauxita minerada na África tem concentrações de mercúrio da ordem de 0,2 g/tonelada,enquanto que a bauxita australiana tem em média 0,070 g/tonelada.

594. Durante o processo de refino tradicional, o mercúrio é dissolvido com a bauxita em uma solução de soda cáustica, chamada licor. Nas etapas finais do processo, a alumina é calcinada ou ustulada a altas temperaturas para eliminar a água. Em algumas refinarias de alumina, a maior parte do mercúrio é emitida para a atmosfera por meio das chaminés de calcinação (Alcoa, 2009). O uso de tecnologia de redução de mercúrio pode levar a uma redução das emissões de mercúrio de 80% (Alcoa, 2009).

Produção de alumínio a partir da alumina

595. Num documento australiano de orientação para estimar as emissões da produção de alumina (NPI, 1999a), o mercúrio é mencionado como uma saída tanto do processo de cozimento

do ânodo quanto da redução eletrolítica da alumina, mas os fatores de emissão do mercúrio não são fornecidos. Durante o processo de redução, os ânodos são consumidos e o alumínio é produzido em temperaturas de cerca de 970 °C. O material do ânodo, coque de petróleo — um subproduto do refino do petróleo — e piche— um subproduto do coqueamento do carvão para coque metalúrgico, produzido pela destilação de alcatrão —,poderá conter mercúrio advindo do mercúrio que está naturalmente presente no petróleo e no carvão. Nesta temperatura, se houver mercúrio remanescente no ânodo ou na alumina, esse dever ser liberado de forma térmica.

596. No contexto deste Toolkit, as liberações de mercúrio advindas dos combustíveis fósseis geralmente iriam se encaixar nas subcategorias descritas na Seção 5.1 (extração e uso de fontes de energia/combustíveis), mas com essas indicações limitadas não é possível fazer uma clara distinção com base na fonte de entrada de mercúrio.

5.2.7.2 Fatores de entrada e fatores de distribuição de saídas

597. Se não houver informações disponíveis sobre a concentração de mercúrio nas matérias-primas, uma primeira estimativa poderá ser realizada usando os fatores de entrada-padrão selecionados na Tabela 5-80 a seguir(com base nos conjuntos de dados apresentados nesta seção). Como as concentrações variam muito, recomenda-se calcular e informar intervalos para as entradas de mercúrio nesta categoria de fonte. O limite inferior dos fatores-padrão foi estabelecido para indicar uma estimativa baixa para a entrada de mercúrio para a categoria de fonte (mas não o mínimo absoluto), e o limite superior resultará numa estimativa elevada (mas não o máximo absoluto). Se intervalos não forem usados, recomenda-se o emprego do valor máximo para indicar a possível importância da categoria de fonte para outras investigações. O uso do limite superior não implica automaticamente que as verdadeiras liberações sejam tão altas assim, apenas que deverá ser objeto de mais investigações.

Fatores-padrão específicos não foram desenvolvidos para a produção de alumínio a partir de alumina.

a) Fatores-padrão de entrada de mercúrio

Tabela 5-80 Fatores-padrão *preliminares* de entrada para o mercúrio na bauxita

Processo	Fatores-padrão de entrada; g mercúrio por tonelada de bauxita (=ppbwt); inferior, superior (intermediário)
Produção de alumina	0,07-1 (0,5)

598. Nota: Se desejado, esses fatores-padrão podem ser convertidos para uma base de entradas de mercúrio por alumínio produzido utilizando uma relação de bauxita usada/alumínio produzido de 3,8-4,7 (o valor intermediário, 4,25 toneladas usadas de concentrado por tonelada produzida de chumbo), como derivado pela UNEP/AMAP (2012). Se não houver dados específicos sobre a entrada de mercúrio com minérios e outras matérias-primas utilizadas, as entradas de mercúrio da bauxita podem ser calculadas aproximadamente multiplicando as quantidades de bauxita usadas anualmente pela concentração conservadora de mercúrio de 0,03 g/kg (30 g/tonelada) de bauxita usada. Calcular a entrada de mercúrio dos combustíveis fósseis multiplicando as quantidades de combustíveis de cada tipo usado pelos fatores-padrão de entrada citados na seção 5.1 para os respectivos tipos de combustíveis. Todas as entradas de mercúrio poderão — como uma primeira estimativa — ser consideradas liberadas na atmosfera.

599. Não há dados disponíveis para desenvolver fatores-padrão para a produção de alumínio da alumina, mas o processo possivelmente será uma fonte de liberação de mercúrio.

b) Fatores-padrão de distribuição de saídas de mercúrio

600. Para a produção de alumínio, os fatores-padrão de distribuição de saídas de mercúrio estão sugeridos na Tabela5-81 a seguir.

Tabela 5-81 Fatores-padrão *preliminares* de distribuição de saídas para o mercúrio da produção de alumínio

Fase do ciclo de vida	Ar	Água	Solo	Produto	Resíduos em geral	Destinação/tratamento específico do setor
Produção de alumina da bauxita	0,15	0,1	?		0,65	0,1
Produção de alumínio da alumina	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

5.2.7.3 Principais dados específicos da fonte

601. Os dados específicos da fonte mais importantes nesse caso seriam:

- quantidades usadas de combustíveis fósseis/materiais de hidrocarboneto e as concentrações de mercúrio nestes combustíveis/materiais;
- os dados medidos, ou dados da literatura, das concentrações de mercúrio nos minérios extraídos e processados na fonte;
- quantidade de minério extraído e processado; e
- dados medidos sobre equipamento de redução de emissões utilizado na fonte (ou fontes semelhantes com equipamento e condições de operação semelhantes).

5.2.8 EXTRAÇÃO E PROCESSAMENTO DE OUTROS METAIS NÃO FERROSOS

5.2.8.1 Descrição da subcategoria

602. Esta subcategoria inclui a extração e processamento de outros metais não ferrosos que podem ser uma fonte de liberações de mercúrio, como prata, níquel, cobalto, estanho, antimônio, molibdênio, tungstênio e outros.

603. Salvo o mencionado a seguir, não foram coletados dados específicos sobre essas potenciais fontes de liberação de mercúrio. Os processos de extração desses metais provavelmente se assemelham os processos de outros metais não ferrosos descritos no presente Toolkit.

5.2.8.2 Principais fatores que determinam as liberações de mercúrio e saídas de mercúrio

Tabela 5-82 Principais liberações e meios receptores durante o ciclo de vida da extração e do processamento de outros metais não ferrosos

Fase do ciclo de vida	Ar	Água	Solo	Produtos	Resíduos em geral	Destinação/tratamento específico do setor
Extração e processamento	X	X	X		X	X

Notas: X – Via de liberação que se espera seja predominante na subcategoria
x – Outras vias de liberação a serem consideradas em função da situação nacional e da fonte específica

5.2.8.3 Exemplos de mercúrio em liberações e resíduos/rejeitos

604. Com base no inventário TRI de US EPA, há uma mina de prata em Nevada que informou liberações de 6,4 kg de mercúrio para o ar e 15.911 kg no solo, *in loco*, para o ano de 2001. As

liberações em outros meios (como a água) serão possivelmente bastante baixas, já que não foram informadas liberações para estes outros meios receptores para esta mina (US EPA, 2003a).

605. Não foram investidos esforços para levantar informações adicionais a respeito das liberações de mercúrio desta subcategoria. Alguns dados devem estar disponíveis sobre liberações de mercúrio da produção de alguns desses metais.

5.2.8.4 Principais dados específicos da fonte

606. Os dados específicos da fonte mais importantes poderiam tipicamente ser:

- os dados medidos, ou dados da literatura, das concentrações de mercúrio nos minérios extraídos e processados na fonte;
- quantidade de minério extraída e processada;
- quantidades usadas de combustíveis/materiais auxiliares e as concentrações de mercúrio nestes combustíveis/materiais; e
- dados medidos da distribuição de saídas de mercúrio com (de preferência, todos) os fluxos de saídas, incluindo a porcentagem de mercúrio retida pelo equipamento de redução de emissões utilizado na fonte (ou fontes semelhantes com equipamentos e condições de operação muito semelhantes).

5.2.9 PRODUÇÃO PRIMÁRIA DE METAIS FERROSOS

5.2.9.1 Descrição da subcategoria

607. A indústria siderúrgica é extremamente intensiva em termos de material e energia. Quantidades consideráveis dos insumos se tornam saídas na forma de efluentes gasosos e de resíduos. Essa indústria inclui instalações prioritariamente engajadas na fundição de minério de ferro para a produção do ferro- gusa líquido ou sólido; a conversão do ferro-gusa em aço pela remoção do carbono no ferro, por meio da combustão em fornos. Esses estabelecimentos poderão produzir apenas lingotes ou também produzir formas básicas de ferro e aço, como chapas, lâminas, tiras, vergalhões, barras e outros produtos.

608. As unidades de sinterização estão associadas à fabricação de ferro, muitas vezes integradas às usinas de aço e ferro. O processo de sinterização é uma etapa de pré-tratamento na produção do ferro onde partículas finas de minérios de metal são aglomeradas por combustão. A aglomeração é necessária para aumentar a passagem para os gases durante a operação de alto-forno. Normalmente, as unidades de sinterização são grandes sistemas de grelhas (até centenas de metros quadrados) usados para preparar o minério de ferro (às vezes em forma de pó) para uso em um alto-forno. Além do minério de ferro, geralmente há uma fonte de carbono (muitas vezes o coque) e outras adições, como calcário. Em alguns casos, estão presentes os resíduos de várias partes do processo siderúrgico. No processo de sinterização, os queimadores acima da cinta da grelha aquecem o material à temperatura necessária(1.100-1.200 °C), que leva o combustível na mistura a pegar fogo. A frente da chama passa pelo leito de sinterização à medida que este avança ao longo da grelha causando a aglomeração. O ar é sugado através do leito. O processo termina quando a frente da chama tiver passado por toda a camada mista e todo o combustível tenha sido queimado. O sínter resfriado é transferido para telas que separam os pedaços a serem usados nos altos-fornos (4-10 mm e 20-50 mm) dos pedaços a serem devolvidos ao processo de sinterização (0–5 mm como “finos de retorno”, 10-20 mm como “forro do cadinho”) (UNEP, 2003).

609. O mercúrio pode ser emitido em diversos pontos das instalações integradas de ferro e aço, inclusive nas unidades de sinterização que convertem as matérias-primas num produto

aglomerado (sínter) que é usado como combustível no alto-forno; altos-fornos que produzem ferro e as oficinas com fornos de processo básico de oxigênio (PBO) que produzem aço. Para sua conveniência e na ausência de dados detalhados, os processos de sinterização e alto-forno são tratados como um único processo com o ferro-gusa como resultado. O processo subsequente de oxigênio básico não é considerado uma fonte significativa de mercúrio e não é abordado mais neste Toolkit.

5.2.9.2 Principais fatores que determinam as liberações e emissões de mercúrio

Tabela 5-83 Principais liberações e meios receptores da produção primária de metais ferrosos

Fase de processo	Ar	Água	Solo	Resíduos em geral	Destinação/ tratamento específico do setor
Sinterização e alto forno	X				x

Notas: X – Via de liberação que se espera seja predominante na subcategoria
x – Outras vias de liberação a serem consideradas em função da situação nacional e da fonte específica

610. Os principais fatores que determinam as liberações de mercúrio desse setor são as concentrações de mercúrio nos diferentes insumos, especialmente o minério/concentrado e o cal.

5.2.9.3 Análise das entradas de mercúrio

611. .A concentração de mercúrio no minério/concentrados de ferro e a quantidade de minérios/ concentrados utilizados são fatores importantes para determinar as liberações de mercúrio. Devido à concentração do minério, uma parte significativa do mercúrio termina nos rejeitos que são depositados em aterros sanitários.

612. O teor de mercúrio no minério de ferro e seus concentrados varia consideravelmente.

613. O teor de mercúrio nos concentrados dos depósitos de Kursk Magnetic Anomaly, a principal fonte de minério de ferro na Federação Russa, foi informado como sendo na faixa de 0,01-0,1 mg/kg; enquanto que os concentrados do depósito Korshunovsk na Sibéria contêm 0,02-0,085 mg/kg (LASSEN et al., 2004). Para uma avaliação das liberações de mercúrio da produção de ferro-gusa na Federação Russa, foi presumido um teor médio de mercúrio em concentrados de 0,06 mg/kg (LASSEN et al., 2004).

614. A concentração de mercúrio em minério de taconita não processado e recentemente triturado, o principal minério de ferro garimpado nos EUA em diferentes operações no Minnesota, variou de 0,0006 até um máximo de 0,032 mg/kg (valores médios para cada operação) (BERNDt, 2003). A concentração de mercúrio no concentrado variou de 0,001 até 0,016 mg/kg, enquanto que nos rejeitos, variou de 0,001 até 0,040 mg/kg (BERNDT, 2003). Em relação aos dados da Federação Russa, o teor de mercúrio do concentrado de taconita é aproximadamente dez vezes menor.

615. Uma avaliação de todas as matérias-primas usadas na produção de ferro-gusa na Federação Russa revelou que 20% do mercúrio teve origem no calcário (com um teor médio de 0,05 mg de Hg/kg), 75% no concentrado (teor médio de 0,06 mg Hg/kg) e os restantes 5% em outras matérias-primas. O fator de emissão resultante foi estimado em 0,04 g por tonelada produzida de ferro-gusa, presumindo que 99% do mercúrio tenha sido liberado para o ar. O fator de emissão é idêntico ao fator usado por Pacyna and Pacyna (2000) para as estimativas das emissões de mercúrio da produção de ferro-gusa na Federação Russa (PACYNA AND PACYNA, 2000).

616. O manual de emissões do EMEP/Corinair utiliza um fator-padrão de emissão para o processo "unidades de pelotização e sinterização" de 0,05 g por tonelada de sínter (EMEP/CORINAIR, 2001).

Tabela 5-84 Visão geral dos dados de taxas de atividades e tipos de fatores de entrada de mercúrio necessários para estimar as liberações advindas da produção primária de metais ferrosos

Fase de processo	Dados de taxa de atividade necessários	Fator de entrada de mercúrio
Sinterização e alto-forno	Toneladas produzidas de ferro-gusa	g mercúrio liberadas/tonelada produzida de ferro-gusa

5.2.9.4 Exemplos de mercúrio em liberações e resíduos/rejeitos

617. O total de liberações de mercúrio no ar em Minnesota advindas da mineração e sinterização do minério de ferro foi de 342 kg em 2000 (BERNDT, 2003). Conforme já mencionado, as concentrações de mercúrio no concentrado utilizado para a produção de ferro em Minnesota (EUA) variaram de 0,001 a 0,016 mg/kg. As emissões de mercúrio para a atmosfera das operações foram correlacionadas com a concentração de mercúrio dos concentrados, e as liberações variaram de 1,8 kg por milhão de toneladas de pelotas produzidas, na margem oriental do garimpo, até 17 kg por milhão de toneladas no lado ocidental do distrito (BERNDT, 2003).

618. De acordo com Berndt (2003), geralmente se presume que o mercúrio que é emitido a partir das chaminés está predominantemente em forma elementar. Embora isso não tenha sido verificado em todas as fábricas, um estudo realizado numa das fábricas em Minnesota indicou que uma média de 93,3% das emissões de mercúrio estavam na forma de Hg(0) e quase todo o resto emitido como mercúrio oxidado,Hg(II) (HTC, 2000). Do mercúrio oxidado, 70-80% foram coletados pelo depurador via úmida, correspondente a cerca de 5% do total.

619. Berndt (2003) cita estudos (BENNER, 2001) que demonstram que algum controle de emissões pode ser obtido pela modificação da atual pratica em Minnesota de reciclar as poeiras dos lavadores úmidos nos fornos de endurecimento. Benner (2001) descobriu que essas poeiras contêm concentrações muito altas de mercúrio e, que se esse material, especialmente a fracção fina, fosse canalizado para o fluxo de resíduos (em vez de reciclado no endurecedor), as emissões de mercúrio poderiam ser reduzidas. A redução informada de emissões de mercúrio por causa dessa medida é da ordem de 10-20%.

620. Na avaliação das liberações de mercúrio da produção de ferro-gusa na Federação Russa, presume-se que 99% do teor de mercúrio nas matérias-primas seja sublimado e possivelmente liberado no ar durante as operações.

5.2.9.5 Fatores de entrada e fatores de distribuição de saídas

621. Com base nas informações compiladas acima sobre as entradas e saídas e dos principais fatores que determinam as liberações, os seguintes fatores-padrão preliminares de entrada e distribuição são sugeridos para uso naqueles casos em quenão existam dados específicos da fonte. Ressalta-se que esses fatores-padrão têm por base um banco de dados limitado e, como tal, devem ser considerados preliminares e sujeitos a revisões.

622. O principal motivo de usarem-se os fatores-padrão é obter uma primeira impressão para saber se a subcategoria é uma fonte significativa de liberação de mercúrio no país. Em princípio, as estimativas de liberação teriam que ser mais aprimoradas (após o cálculo com fatores-padrão) antes que qualquer ação de largo alcance fosse empreendida com base nestas estimativas.

a) Fatores-padrão de entrada de mercúrio

623. Os dados reais sobre os níveis de mercúrio nas matérias-primas usadas levarão às melhores estimativas de liberações.

624. Uma abordagem simplificada é usada para essa subcategoria, que adiciona o total das entradas de mercúrio a todas as matérias-primas (baseadas nos dois exemplos descritos anteriormente).

625. Fator de entrada-padrão para a produção de ferro-gusa (sinterização e alto-forno): 0,05 g Hg/tonelada produzida de ferro-gusa.

b) Fatores-padrão de distribuição de saídas de mercúrio

Tabela 5-85 Fatores-padrão *preliminares* de distribuição de saídas para o mercúrio da produção primária de metais ferrosos

Fase do ciclo de vida	Fatores de distribuição, parcela da entrada de Hg				
	Ar	Água	Solo	Resíduos em geral	Destinação/tratamento específico do setor
Produção de ferro-gusa	0,95				0,05

Notas: O destino do mercúrio nos resíduos dos filtros não foi investigado em detalhes; poderá variar de país para país, e em princípio poderia incluir destinação controlada ou informa, o reúso em outros processos.

c) Links para outras estimativas de fontes de mercúrio

626. Nenhum link sugerido.

5.3 PRODUÇÃO DE OUTROS MINERAIS E MATERIAIS COM IMPUREZAS DE MERCÚRIO

Tabela 5-86 Produção de outros minerais e materiais com impurezas de mercúrio: subcategorias com vias primárias de liberações de mercúrio e abordagem de inventário recomendada

Capítulo	Subcategoria	Ar	Água	Solo	Produto	Resíduos/ rejeitos	Principal abordagem de inventário
5.3.1	Produção de cimento	X		x	x	x	FP
5.3.2	Produção de papel e celulose	X	x	x		x	FP
5.3.3	Produção de cal e de agregados leves	X			x		FP
5.3.4	Outros minerais e materiais						FP

Notas: FP = abordagem por fonte pontual
AG = abordagem geral/nacional
X – Via de liberação que se espera seja predominante na subcategoria
x – Outras vias de liberação a serem consideradas em função da situação nacional e da fonte específica

627. Além das subcategorias de fonte mencionadas na **Tabela 5-86** acima, a produção e uso de outros grandes volumes de minerais e materiais, como, por exemplo, fertilizantes minerais, poderão ser fontes potenciais de liberações de mercúrio. Essas outras fontes não são, no entanto, descritas em detalhe neste Toolkit.

5.3.1 PRODUÇÃO DE CIMENTO

5.3.1.1 Descrição da subcategoria

628. As matérias-primas usadas para a produção de cimento contêm vestígios de mercúrio. A origem desse mercúrio é o mercúrio que ocorre naturalmente nas matérias-primas virgens

usadas (cal, carvão, petróleo, etc.), nos resíduos sólidos de outros setores (por exemplo, cinzas volantes e gipsita da combustão do carvão), nos quais o teor de mercúrio poderá ser elevado em comparação aos materiais virgens, e nos resíduos às vezes usados como combustíveis durante a fabricação de cimento. O uso de resíduos como matérias-primas pode aumentar a entrada total de mercúrio na produção de cimento. As vias principais de saída do mercúrio alimentado com as matérias-primas são as liberações para a atmosfera e vestígios de mercúrio no cimento produzido. Essa subcategoria de fonte é uma fonte potencial de liberação de mercúrio do tipo que envolve materiais com baixas concentrações de mercúrio, mas em quantidades muito grandes.

Processos envolvidos

629. Em primeiro lugar, as principais matérias-primas (argila e calcário) são adquiridas em operações de garimpo. Estas são trazidas ao local e misturadas, esmagadas e moídas para produzir uma farinha grossa com partículas do tamanho necessário e propriedades químicas adequadas. Há quatro principais processos para a fabricação de cimento: os processos secos, semissecos, semiúmidos e úmidos (UNEP, 2003). No processo seco, as matérias-primas são trituradas e secas até formar uma farinha grossa, que é alimentada ao forno pré-aquecedor ou pré-calcinador (ou, menos comum, a um forno longo e seco). O processo seco requer 40% menos energia que o processo úmido. No processo úmido, as matérias-primas são trituradas em água para formar um lodo bombeável, que é alimentado diretamente no forno, ou primeiro num secador de lodo (UNEP, 2003).

630. O piroprocessamento (tratamento térmico) de matéria-prima é realizado no forno, que é o cerne do processo de produção do cimento Portland (US EPA, 1997a). O sistema de piroprocessamento envolve duas ou três etapas: 1) secagem ou pré-aquecimento (se usado); 2) calcinação (um processo de aquecimento em que se forma o óxido de cálcio); e 3) queima (sinterização).

631. Após a etapa de secagem ou pré-aquecimento, se utilizado, começa a produção de cimento de fato com a etapa da calcinação, que é a decomposição do carbonato de cálcio ($CaCO_3$) a uma temperatura de aproximadamente 900 °C que resulta em óxido de cálcio (CaO, cal) e dióxido de carbono (CO_2). Após a calcinação, ocorre a sinterização, onde a cal reage em temperaturas de cerca 1,400-1,500°C com a sílica, alumina e o óxido ferroso para formar silicatos, aluminatos e ferritas de cálcio (também conhecido como"clínquer"). A última fase consiste no resfriamento do clínquer. Ao sair do forno, o clínquer quente é rapidamente resfriado num resfriador de clínquer, como uma grelha móvel com ventiladores embaixo que sopram ar frio através do clínquer.

632. Finalmente, o clínquer resfriado é triturado, ou moído junto com gipsita ($CaSO_4$), em um pó fino e misturado com outros aditivos para produzir o cimento final, que é armazenado em silos antes do transporte a granel ou ensacamento.

633. De acordo com Cembureau (2010), a poeira do filtro que contém mercúrio dos gases de escape pode ser retroalimentada no processo, reintroduzindo-a no sistema de preparação da matéria-prima (processo seco), por insuflação na zona de sinterização (fornos úmidos) ou alimentando a poeira no moinho de mixagem final do cimento (se permitido pelas normas do cimento)

5.3.1.2 Principais fatores que determinam as liberações de mercúrio e saídas de mercúrio

Tabela 5-87 Principais liberações e meios receptores da produção do cimento

Processo/etapa	Ar	Água	Solo	Produtos	Resíduos em geral *1	Destinação/tratamento específico do setor *1
Produção/manuseamento de matérias-primas						
Produção de cimento (formação de clínquer)	X			x		x
Destinação do cimento (como resíduos de demolição ou prédios)			x		x	x

Notas: *1 Resíduos de demolição podem ser descartados em aterros sanitários ou reutilizados na construção de estradas ou semelhantes.
X – Via de liberação que se espera seja predominante na subcategoria
x – Outras vias de liberação a serem consideradas em função da situação nacional e da fonte específica

634. Fatores importantes para as liberações de mercúrio podem incluir a quantidade de matérias-primas processadas, a concentração de mercúrio nas matérias-primas, quantidade produzida de clínquer e cimento, quantidades e tipos de combustível queimado e concentrações de mercúrio em cada um dos combustíveis queimados na fábrica.

635. A única via potencial de liberação do mercúrio advinda da aquisição de matérias-primas seria de particulado contendo mercúrio carregado pelo vento nas operações de garimpo, mas as concentrações são muito baixas nesta etapa, então as emissões de mercúrio devem ser insignificantes nessas primeiras fases da produção de cimento Portland (US EPA, 1997a). Conforme descrito anteriormente, o processamento da matéria-prima difere um pouco nos processos seco e úmido. As emissões de mercúrio podem ocorrer durante o processo de secagem, mas prevê-se que sejam baixas, porque a temperatura de secagem é geralmente bem abaixo do ponto de ebulição do mercúrio. No entanto, alguns secadores atingem uma temperatura acima do ponto de ebulição do mercúrio, o que resultaria em emissões.

636. Como o mercúrio evapora-se a aproximadamente 350 °C, a maior parte do mercúrio presente nas matérias-primas deve ser volatilizada durante a etapa de calcinação que ocorre no forno (US EPA, 1997a; Cembureau, 2010). Entretanto, conforme mencionado, pode haver alguma liberação durante as etapas de secagem e pré-aquecimento. As etapas de processamento que ocorrem após a calcinação no forno deveriam ser uma fonte muito menor de emissões (US EPA, 1997a).

637. Diversos combustíveis são queimados nas plantas de cimento para gerar calor para o processo do forno. Combustíveis frequentemente usados são carvão, óleo, gás ou coque de petróleo. O mercúrio está presente nesses combustíveis e é liberado durante a combustão. Em muitos casos, uma variedade de resíduos de combustíveis (chamados de combustíveis secundários ou alternativos) também é usada para complementar o combustível fóssil. Os resíduos utilizados podem incluir: pneus, resíduos de óleos, solventes, certos resíduos industriais e, em alguns casos, resíduos perigosos. O mercúrio também pode estar presente nesses resíduos de combustíveis. Em geral se queimam no extremo (quente) do queimador do forno. Pneus também podem ser acrescentados ao forno a alguma distância da extremidade quente, como pneus inteiros ou picotados (UNEP, 2003). Cembureau (2010) afirma também que, além dos combustíveis fósseis, combustíveis alternativos (pneus, "farinha animal", combustíveis derivados de resíduos, etc.) são usados nos processos de produção do cimento. As concentrações de mercúrio variam em função do tipo de combustível e também no mesmo tipo de combustível. De acordo com Cembureau, os combustíveis alternativos são regularmente analisados quanto ao seu teor de mercúrio. Os dados de Cembureau mostram concentrações de mercúrio nos combustíveis alternativos desde0,005 (abaixo do limite de detecção) até cerca de 10 mg/kg.

638. No seu conjunto de dados para as emissões atmosféricas de mercúrio, Cembureau (2010) observou que a média aritmética das emissões era de 0,009 mg/Nm³ para fornos com menos de 10% de substituição térmica com resíduos, 0,010 mg/Nm³ para fornos com substituição entre 10 e 40%e 0,013 mg/Nm³ para fornos com mais de 40% de substituição. Essas diferenças não são estatisticamente significativas de acordo com o relatório.

639. Dados levantados por UNEP/AMAP (2012) indicam que muitas fábricas de cimento substituem uma quantidade limitada da energia de entrada com resíduos (combustíveis alternativos),geralmente até 6 por cento,enquanto que menos fábricas usam uma maior substituição de resíduos; talvez por causa da infraestrutura necessária para administrar os resíduos ou devido a outra regulamentação para usinas de incineração de resíduos. UNEP/AMAP, no entanto, usaram uma entrada média de combustível alternativo de 12 % nas suas estimativas de emissão para instalações que usam resíduos como combustível.

640. O mercúrio presente nas matérias-primas alimentadas ao forno e nos combustíveis é misturado no forno. Observe que algumas matérias-primas, por exemplo, gipsita, são misturadas com clínquer após a fase térmica, e o mercúrio nessas matérias-primas, como consequência, termina no produto final de cimento.

5.3.1.3 Análise das entradas de mercúrio

Tabela 5-88 Visão geral dos dados de taxas de atividades e tipos de fatores de entrada de mercúrio necessários para estimar as liberações advindas da produção de cimento

Fase do ciclo de vida	Dados de taxa de atividade necessários	Fator de entrada de mercúrio
Produção de cimento	Toneladas de cimento produzido por ano ou Quantidades de matérias-primas usadas por ano	g Hg/tonelada produzida de cimento ou g mercúrio/tonelada em cada uma das matérias-primas

641. O cálcio, que é o elemento de maior concentração no cimento Portland, é obtido de uma série de matérias-primas calcárias, inclusive pedra calcária, greda, marga, conchas, aragonita e um calcário impuro conhecido como “pedra de cimento natural”. As outras matérias-primas, silício, alumínio e ferro, são obtidas de minérios e minerais, como areia, xisto, argila e minério de ferro. O mercúrio está presente nos minérios e minerais extraídos da terra. Ademais, em alguns países resíduos como cinzas volantes (por exemplo, das usinas termoelétricas a carvão), escória de cobre, cinzas de pirita e escória dos altos fornos são usados como matérias-primas.

642. Conforme descrito acima, o mercúrio também está presente em combustíveis e resíduos combustíveis queimados nessas usinas. Consulte as Seções 5.1 e 5.8 para informações sobre as concentrações de mercúrio nesses combustíveis e resíduos.

643. A tabela a seguir mostra exemplos de teor de mercúrio de matérias-primas usadas na produção de cimento em diversos países.

Tabela 5-89 Exemplos de teor de mercúrio de matérias-primas usadas na produção de cimento (mg Hg/Kg)

Fonte	Pedra calcária ou marga	Areia e siltito	Argila ou xisto	Resíduos	Outras matérias primas	Farinha
Schäfer and Hoenig, 2001 (Alemanha) *1						0,03-0,13
Sprung, 1982 (Alemanha) *1	0,03		0,45			

Fonte	Pedra calcária ou marga	Areia e siltito	Argila ou xisto	Resíduos	Outras matérias primas	Farinha
Schneider and Oerter, 2000 (Alemanha) *1	0,005-0,13		0,02-0,15			0,02-0,5
Adriano, 2001 *1	0,04-0,22		0,005-3,25	0,04 e 0,1 (cinzas volantes)		
Kanare, 1999 (USA) *1	<0,01-0,03					
Klemm, 1993 *1						<0,1 e0,14
Kirchartz, 1994 (Alemanha) *1	0,005-0,05		0,02–0,15			>1,0 (quando materiais alternativos são usados)
Fukuzaki et al., 1986 (Japão) *1	0,12		0,013	0,17 (escória de cobre)		
Airey, 1982 *1	0,04 e 0,46					
Bowen, 1979 *1	0,16					
Buwal, 1997 (Suíça) *1	0,03 e 0,02		0,45			0,02–0,6
Kitamura et al., 1976 (Japão) *1	0,01–0,22					
Fujinuki, 1979 (Japão) *1	0,07 e 0,04					
Saupe, 1972 *1	0,033 e 0,048					
Rússia, 2003 *2	0,031 (média de 131 amostras)	0,039 (média de 45 amostras)	0,035 (média de 58 amostras)			
Dinamarca, 2002 *3	0,01			0,13-0,39 (cinzas volantes)		
Kakareka et al., 1998 (CEI) *4	<0,01-0,17			0,19-4,0 (Cinzas de pirita) 0,01-0,12 (escória de altos fornos)		
				Escória 0,002-0,054 (média 0,012)		
Hills and Stevenson, 2006 (57 fábricas de cimento nos EUA e Canadá)	Calcário >0,001-0,391 (média 0,017)	Areia <0,001–0,556 (média 0,029)	Argila 0,001-0,27(média 0,052) Xisto 0,002–0,436 (média 0,057)	Cinzas residuais 0,003-0,382 (média 0,048) Minério de ferro 0,002-0,672 (média 0,078) Cinzas volantes 0,002–0,685 (média 0,205)		
				Cimento reciclado poeira de fornos 0,005–24,56 (média 1,53)		

Fonte	Pedra calcária ou marga	Areia e siltito	Argila ou xisto	Resíduos	Outras matérias primas	Farinha
				Resíduos como combustível: 0,005–10	Minério de ferro 0,001-0,68 Pouzzolana: < 0,01-0,1	
			Argila: 0,002 -0,45	Cinzas volantes: <0,002 – 0,8	$CaSO_4$: < 0,005-0,02	
Cembureau, 2010*5	<0,005-0,4	< 0,005-0,55	Xisto: 0,002-3,25	Xisto betuminoso queimado: 0,05–0,3	Gipsita (natural): < 0,005-0,08	
				Escória de altos fornos: < 0,005-0,2	Gipsita (artificial)* 6: 0,03-1,3 Agregados: < 0,01-0,1	
Cembureau, 2010 ("Cement_Company_B, 2008")	0,01	0,00		Cinzas de pirita: 0,54		0,18
Cembureau, 2010 ("Cement_Company_D, 2008")	"Até 2"		"Até 2"			
Cembureau, 2010	Calcário: 1,0		Argila:			
("Cement_Company_F, 2008	Marga:		"Geralmente			
2008")	"Geralmente abaixo de 0,3"		abaixo de 0,3"			

Notas: *1 Como citado por Johansen and Hawkins (2003).
*2 Lassen et al., 2004.
*3 Skårup et al., 2003.
*4 Kakareka et al., 1998.
*5 Cembureau, 2010 citando diversas fontes.
*6 Presume-se que seja produto da depuração de gases de combustão das usinas termoelétricas a carvão.

644. A contribuição das matérias-primas e combustíveis para o total das entradas de mercúrio varia consideravelmente dependendo dos usos dos materiais e combustíveis. Conforme indicado pelos dados na **Tabela 5-89** acima, o uso de resíduos como cinzas volantes ou cinzas de pirita pode aumentar a entrada total de mercúrio.

645. As contribuições de mercúrio da combustão de combustíveis fósseis foram atribuídas neste Toolkit aos combustíveis relevantes, enquanto que os resíduos são atribuídos à forma de tratamento. Tenha cuidado para não contabilizar essas quantidades de mercúrio em dobro. Os resíduos usados como combustível na produção de cimento são atribuídos à produção de cimento neste Toolkit. De acordo com Zhou et al. (2003) e Leaner et al. (2008), as quantidades de carvão utilizadas na produção de cimento estão em torno de 0,15-0,2 tonelada de carvão para cada tonelada produzida de cimento. As contribuições de mercúrio a partir do carvão podem ser deduzidas usando esses números com os fatores de entrada para o carvão. Com fatores de entrada para o carvão de 0,05-0,5 g Hg/tonelada de carvão, isto significa uma dedução de aproximadamente 0,01-0,1 g de mercúrio por tonelada produzida de cimento.

646. Balanços de massa completos para o mercúrio na produção de cimento são escassos. Abaixo um exemplo mostrando as contribuições de diferentes matérias-primas para o total de entradas de mercúrio em duas fábricas de cimento em Belarus. Veja também os dois exemplos na Figura 5-8 mais abaixo.

Tabela 5-90 Teor de mercúrio nas matérias-primas para a produção de cimento em duas fábricas de cimento em Belarus (Kakareka et al., 1998)

	Krichevcementnoshiver Amalgamation		Krasnoselskcement JSC	
	Concentração de mercúrio mg/kg de peso seco	Contribuição ao total de entradas, %	Concentração de mercúrio mg/kg de peso seco	Contribuição ao total de entradas, %
Greda	0,05 *1	38,9	0,05	30,5
Argila	0,1	11,2	0,066	12,7
Cinzas de pirita	2,16	49,6	2,043	55,9
Escória granulada de altos fornos	0,012	0,1	0,01	0,5
Pedra de gesso	0,013	0,2	0,014	0,4
Óleo residual	-	-	-	-
Lignossulfonatos	-	-	-	-
Total		100		100

Notas: *1 Estimado a partir da contribuição total informada de greda.

647. UNEP/AMAP utilizou o fator de entrada de mercúrio ("fator de emissão inalterado") para a produção de cimento mostrada na Tabela 5-91, com base num teor de clínquer de 80 % no produto final de cimento (conforme sugerido por Cembureau, 2010). Os fatores foram parcialmente baseados nos fatores de entrada-padrão da versão anterior de 2011 deste Toolkit. A emissão de mercúrio do uso de coque de petróleo é alocada ao uso de combustível fóssil no contexto deste Toolkit e não para a produção de cimento.

Tabela 5-91 Fatores de entrada de mercúrio ("fator de emissão inalterado") usados para a produção de cimento por UNEP/AMAP (2012) *1

	Fator de Emissão Inalterado (FEI)				Notas
	Baixo	Intermediário	Alto	Unidades	
Fator-padrão genérico (apenas calcário)	0,003	0,087	0,4	g/t cimento	Com base na versão de 2011 do Toolkit; BREF Cement (2010) e dados próprios dos países. Aplicável se o principal combustível for carvão, óleo ou fonte renovável (excluída) e não haja coincineração de resíduos.
Fator-padrão genérico (calcário + resíduo)	0,05	0,118	0,8		Com base na versão de 2011 do Toolkit; BREF Cement (2010) e dados próprios dos países. Aplicável se o principal combustível for carvão, óleo ou fonte renovável (excluída) e não haja coincineração de resíduos (incluído).
Fator-padrão genérico (calcário + coque de pet., sem coincineração de resíduos)	0,005	0,091	0,6	g/t cimento	Com base na versão de 2011 do Toolkit; BREF Cement (2010) e dados próprios dos países. Aplicável se o principal combustível for coque de petróleo (incluído) e não haja coincineração de resíduos.
Fator-padrão genérico (calcário + coque de pet. + resíduos)	0,01	0,105	1,5		Com base na versão de 2011 do Toolkit; BREF Cement (2010) e dados próprios dos países. Aplicável se o principal combustível for coque de petróleo (incluído) e haja coincineração de resíduos.

Obs. *1: O termo "fator-padrão genérico" foi usado por UNEP/AMAP (2012) e não deve ser confundido com os fatores-padrão recomendados no presente Toolkit.

5.3.1.4 Exemplos de mercúrio em liberações e resíduos/rejeitos

648. A principal via de saída do mercúrio para o ar deve ser o forno.

649. Dependendo da tecnologia empregada de depuração de gases de combustão, parte do mercúrio é capturado pelos sistemas de remoção de poeiras, por exemplo, filtros de manga e PES. A eficiência da captura de mercúrio depende dos filtros de fato usados e das temperaturas na entrada do filtro. Quanto menor é a temperatura dos gases de escape na entrada do filtro, maior é a proporção de mercúrio anexada às partículas de poeiras que podem ser removidas dos gases de escape (Cembureau, 1999). Há escassas informações sobre a eficiência da remoção de mercúrio nos diversos sistemas de redução de emissões usados nas fábricas de cimento, mas, em comparação a outros metais pesados, a eficiência dos sistemas de mercúrio é relativamente baixa.

650. De acordo com dados levantados por Cembureau (2010), fornos equipados com PES têm maiores valores de emissão de mercúrio do que aqueles com filtros de manga. A média aritmética das emissões foi de 0,015 mg/Nm^3 para PES e 0,009 mg/Nm^3 para filtros de manga.

651. Nos Estados Unidos e Canadá, as emissões dos fornos são reduzidas ou com filtros de manga ou com PES, mas há pouca informação disponível sobre a eficiência desses dispositivos no que diz respeito à remoção do mercúrio. Uma fonte (US EPA, 1993 referenciada por Pirrone et al., 2001) indica que os PES capturam cerca de 25% e os filtros de manga capturam até 50% das emissões potenciais de mercúrio na forma de material particulado. No entanto, quando as poeiras do filtro são recicladas, uma grande parte dos metais pesados terminam no clínquer;mas para o mercúrio, que é bastante volátil, o resultado poderá ser que uma parte maior do mercúrio seja liberada no ar(VDZ, 2001), salvo se parte, regularmente ou continuamente retirada do processo e misturada ao cimento nas etapas finais de mistura após a operação do forno (CEMBUREAU, 2010).

652. Com base na revisão e análise dos dados disponíveis nos EUA para emissões atmosféricas do mercúrio a partir da fabricação de cimento, US EPA desenvolveu um fator médio de emissões atmosféricas de 0,065 g de mercúrio por tonelada produzida de clínquer (US EPA, 1997a). Com base nos dados informados para o TRI para o ano de 2001, parece que a maioria das liberações de mercúrio ocorrem no ar e no solo, *in loco* (US EPA, 2003a). As liberações para outros meios aparentam ser mínimas de acordo com os dados informados no TRI.

653. O manual de emissões do EMEP/CORINAIR recomendou, para uma "metodologia mais simples" (onde as informações disponíveis sejam limitadas), um fator de emissão atmosférica de mercúrio de 0,1 g/tonelada produzida de cimento (EMEP/CORINAIR, 2001).

654. Num estudo de liberações de mercúrio da Federação Russa, um fator médio de emissão de 0,045 g/tonelada produzida de cimento foi derivado de informações sobre mercúrio nas matérias-primas, presumindo que, na média, 80% do mercúrio nas matérias-primas foram emitidos no ar (LASSEN et al., 2004).

655. Numa resposta da Associação Europeia de Cimento à emissão calculada da produção de cimento na Europa no documento da UE sobre mercúrio (Pirrone et al., 2001), a associação estima emissões atmosféricas do cimento de quatro países europeus com base em medidas reais na Áustria (1996), Alemanha (1998), Reino Unido (1999) e Espanha (2000). Com base nos dados apresentados, os seguintes fatores médios de emissões atmosféricas podem ser derivados: 0,03 g/tonelada produzida de cimento (Áustria), 0,03 g/tonelada (Alemanha), 0,01 g/tonelada (Reino Unido) e 0,01 g/tonelada (Espanha).

656. Cembureau (2010) sugere um fator médio de emissão atmosférica para a produção de cimento por volta de 0,035 g Hg/tonelada produzida de cimento.

657. As emissões de mercúrio da produção de cimento variam também de acordo com a quantidade de resíduos perigosos que são coincinerados nos fornos. Dados dos EUA sobre fornos de cimento com coincineração de resíduos perigosos mostram que, para 16 fornos, os resíduos perigosos, na média, responderam por 77% do total das entradas de mercúrio (US EPA 2002 na forma citada por Senior and Eddings, 2006). Para os fornos individuais, a entrada com resíduos perigosos varia de 9% a 99% do total de entradas, dependendo do teor mercúrio nos resíduos, dos outros combustíveis e das matérias-primas. Os autores observam que a dimensão relativa dos resíduos perigosos não pode ser inferida precisamente dos dados devido à incerteza destes, mas os dados usados aqui foram os melhores dados disponíveis, que ilustram a possível dimensão da entrada de mercúrio com resíduos perigosos.

658. Em geral, apenas uma pequena parte do mercúrio termina no clínquer. O teor do mercúrio no cimento final irá, em grande medida, depender do teor de mercúrio de outros materiais que forem misturados com o clínquer após as etapas de piroprocessamento,especialmente de qualquer acréscimo de poeiras do filtro de etapas anteriores de produção; veja exemplos na Figura 5-8.

659. A concentração de mercúrio na gipsita produzido dos resíduos da depuração de gases ácidos de combustão, por exemplo das termoelétricas a carvão, poderá ser maior que a concentração de mercúrio em gipsita natural. Se a gipsita da depuração de gases ácidos de combustão for usada para a produção de cimento, pode aumentar o teor de mercúrio do cimento final.

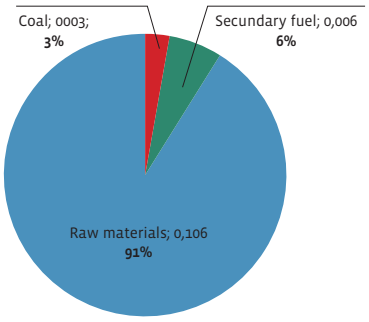
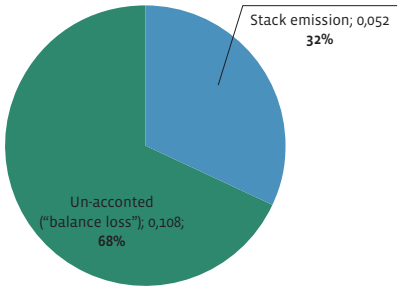
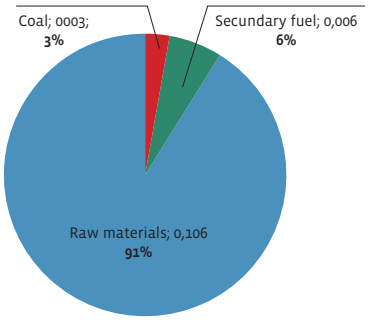
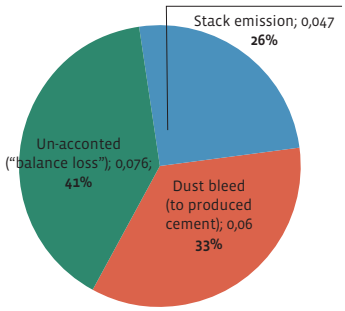
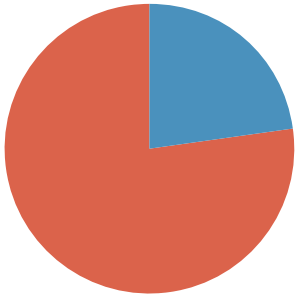
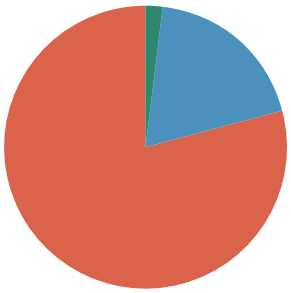
660. Dados de um incinerador alemão de RSM mostraram que o teor de mercúrio da gipsita da depuração de gases ácidos de combustão da fábrica no período de 2000-2003 foi de 0,26 a 0,53 mg/kg (médias anuais). A concentração na gipsita do incinerador é comparada no relatório à típica concentração de mercúrio em gipsita que ocorre naturalmente e em gipsita das usinas termoelétricas a carvão de 0,09 mg/kg e 1,3 mg/kg, respectivamente (com referência a Beckert et al., 1990).

661. A concentração média de mercúrio em 418 amostras de cimento produzido na Alemanha em 1999 foi de 0,07 mg/kg (VDZ, 2000). A concentração variou de <0,02 mg/kg (limite de detecção) a 0,3 mg/kg. O total do teor de mercúrio nas 36,7 milhões de toneladas produzidas de cimento na Alemanha em 1999 pode ser estimado em 2,6 toneladas; significativamente mais do que a 0,72 tonelada de mercúrio emitida ao ar da produção estimada pela Associação Europeia de Cimento (incluído em Pirrone et al., 2001). Considerando que a concentração de mercúrio no clínquer (o produto não processado do forno) geralmente é muito baixa, o mercúrio aparentemente tem sua origem em outros materiais acrescentados ao produto final de cimento — por exemplo, poeiras do filtro da produção ou resíduos sólidos de outros setores (cinzas volantes).

662. O teor médio de mercúrio do cimento produzido na Dinamarca foi estimado em 0,02-0,05 mg/kg (SKÅRUP et al., 2003).

663. Cembureau (2010) relatou dois exemplos de balanços de massa completos das fábricas de produção de cimento (chamados de Estudo de Caso 1 e 2 na referência). Na Figure 5-8, as entradas e saídas para o “estudo de caso 1” — uma instalação com coincineração moderada de resíduos (combustíveis secundários) — são mostradas com e sem “escoamento”(mistura) de poeiras de filtro com mercúrio no cimento comercializado. A figura também mostra as entradas e saídas de mercúrio para o “estudo de caso 2”, uma instalação com 70%de substituição de combustível (por teor de energia) com resíduos (combustíveis secundários).

Figura 5-8 Entradas e distribuições de saída de mercúrio de duas fábricas de cimento (dados de Cembureau, 2010. Obs.* 1: Baseado em outros dados fornecidos na referência, as contribuições de Hg dos combustíveis fósseis são consideradas mínimas)

	Entradas de mercúrio	Saídas de mercúrio
"Estudo de caso 1"	g Hg/t produzida de clínquer; e porcentagem	g Hg/t produzida de clínquer; e porcentagem
– sem entrada de poeiras no cimento		
– com entrada de poeiras no cimento		
"Estudo de caso 2"	kg Hg/ano; e porcentagem	kg Hg/ano; e porcentagem
		

Coal:0,003; 3%	Carvão: 0,003; 3%
Secondary fuel: 0,007; 6%	Combustível secundário: 0,007; 6%
Raw materials: 0,106; 91%	Matérias-primas: 0,106; 91%
Stack emission: 0,052; 32%	Emissão da chaminé: 0,052; 32%
Unaccounted ("balance loss"): 0,108; 68%	Não contabilizado ("perda do balanço") : 0,108; 68%
Coal:0,003; 3%	Carvão: 0,003; 3%
Secondary fuel:0,006; 6%	Combustível secundário: 0,006; 6%
Raw materials:0,98; 91%	Matérias-primas: 0,98; 91%
Stack emission:0,047; 26%	Emissão da chaminé: 0,047; 26%
Unaccounted ("balance loss"):0,076; 41%	Não contabilizado ("perda do balanço") : 0,076; 41%
Dust bleed (to produced cement):0,06; 33%	Remoção de poeiras (para o cimento produzido): 0,06; 33%
Raw materials:30; 23%	Matérias-primas: 30; 23%
Fuels (70% of energy from waste)*1; 100:77%	Combustíveis (70% da energia dos resíduos)*1: 100; 77%
Bypass dust + gas (emitted or to cement prod):3; 2%	Poeiras de derivação + gás (emitido ou para prod. de cimento) : 3; 2%
Stack emission:25; 19%	Emissão da chaminé: 25; 19%
Dust discharge (assumed to produced cement):102; 79%	Descarga de poeiras (presume-se para o cimento produzido) : 102; 79%

664. UNEP/AMAP (2012) utilizou as seguintes eficiências de retenção do mercúrio para configurações de filtro das fábricas de cimento com base em várias fontes de dados. O nível 0 e nível 1 foram considerados predominantes nos países em desenvolvimento, e o nível 1 foi considerado predominante nos países desenvolvidos,onde apenas uma pequena fração (20 %) foi considerada com teor superior a 1 e apenas 1% no nível 4 (com ICA, injeção de carvão ativado):

Nível 0: Nenhum 0 por cento

Nível 1: CPA simples para material particulado: FM/PES/LP: 25 por cento

Nível 2: Material particulado otimizado/combinação CPA: FM+RSNC/FM+LU/PES+DGC/FM otimizado: 55 %

Nível 3: CPA eficiente: FM+LS/PES+LS/PES+LU/PES+RNCS: 75 %

Nível 4: CPA muito eficiente: DGC (vu) + /ICA/ FM + lavador + RNCS: 95 % retidos

5.3.1.5 Fatores de entrada e fatores de distribuição de saídas

665. Com base nas informações compiladas acima sobre as entradas e saídas e nos principais fatores que determinam as liberações, os seguintes fatores-padrão preliminares de entrada e distribuição são sugeridos para uso naqueles casos em quenão existam dados específicos da fonte. Ressalta-se que esses fatores-padrão têm por base um banco de dados limitado e, como tal, devem ser considerados preliminares e sujeitos a revisões.

666. Os fatores-padrão sugeridos refletem os fatores usado por UNEP/AMAP (2012), exceto que o mercúrio adicionado com os materiais não clínquer na fase de mistura do cimento está incluído e presume-se igual à entrada de mercúrio com outras matérias-primas.

667. O principal motivo de usarem-se os fatores-padrão é obter uma primeira impressão para saber se a subcategoria é uma fonte significativa de liberação de mercúrio no país. Em princípio, as estimativas de liberação teriam que ser mais aprimoradas (após o cálculo com fatores-padrão) antes quequalquer ação de largo alcance fosse empreendida com base nessas estimativas.

a) Fatores-padrão de entrada de mercúrio

668. Não havendo informações disponíveis sobre a concentração de mercúrio nas matérias-primas, os combustíveis e resíduos alimentados ao forno, uma primeira estimativa pode ser calculada usando os fatores-padrão de entrada selecionados na **Tabela 5-92** abaixo (com base nos conjuntos de dados apresentados nesta seção). Como as concentrações variam muito, recomenda-se calcular e informar intervalos para as entradas de mercúrio nesta categoria de fonte. O limite inferior dos fatores-padrão foram estabelecidos para indicar uma estimativa baixa para a entrada de mercúrio para a categoria de fonte (mas não o mínimo absoluto) e o limite superior resultará numa estimativa elevada (mas não o máximo absoluto). A estimativa média é usada nos cálculos padrão no Inventário Nível 1 deste Toolkit. Se intervalos não forem usados, o emprego do valor máximo proverá a indicação mais segura da possível importância da categoria de fonte para outras investigações. O uso do limite superior não implica automaticamente que as verdadeiras liberações sejam tão altas assim, apenas que deverá ser objeto de mais investigações.

Tabela 5-92 Fatores-padrão *preliminares* de entrada para o mercúrio nas matérias-primas e combustíveis para a produção de cimento (excluindo as contribuições de combustíveis fósseis)

Qualidade do gás	Fatores-padrão de entrada;g Hg por tonelada produzida de cimento; inferior, superior (intermediário)
Fornos de cimento sem coincineração de resíduos (excluindo as contribuições de combustíveis fósseis)	0,004-0,5 (0,11)
Fornos de cimento com coincineração de resíduos (excluindo as contribuições de combustíveis fósseis)	0,06-1 (0,15)

b) Fatores-padrão de distribuição de saídas de mercúrio

669. Para a produção de cimento, os fatores-padrão de distribuição de saídas de mercúrio estão sugeridos na Tabela 5-93 a seguir.

Tabela 5-93 Fatores-padrão *preliminares* de distribuição de saídas para o mercúrio da produção de cimento

Dispositivo de redução de emissões	Fatores de distribuição, parcela da entrada de Hg					
	Ar	Água *1	Solo	Produtos	Resíduos em geral *3	Destinação/tratamento específico do setor *3
Nenhum	0,8			0,2		
Com controles de poluição do ar e sem reciclagem de poeiras do filtro:						
Controle de partículas simples (PES/LP / FM)	0,6			0,2		0,2
Controle de partículas otimizado (FM+RSNC / FM+LU / PES+DGC / FM otimizado)	0,4	?		0,2		0,4
Controle da poluição de Hg eficiente(FM+LS / PES+LS / PES +LU / PES+RSNC)	0,2	?		0,2		0,6
Controle da poluição de Hg muito eficiente(DGC (vu)+ICA/ FM+lavador+RSNC)	0,04	?		0,2		0,76
Com controles de poluição atmosférica e reciclagem das poeiras do filtro * 2:						
Controle de partículas simples (PES/LP / FM)	0,7			0,3		
Controle de partículas otimizado (FM+RSNC / FM+LU / PES+DGC / FM otimizado)	0,6	?		0,4		
Controle da poluição de Hg eficiente(FM+LS / PES+LS / PES +LU / PES+RSNC)	0,5	?		0,5		
Controle da poluição de Hg muito eficiente((DGC (vu)+ICA/ FM+lavador+RSNC)	0,04	?		0,5		0,46

Notas: *1 No caso de depuração de gases de combustão pela via úmida (LU, DGC úmido), podem ocorrer descargas de águas que contêm mercúrio.

*2 Para a produção de cimento com reciclagem de poeiras do filtro, presume-se que parte das poeiras com mercúrio que seria depositada de outra forma escoa para o cimento comercializado na mistura final. Considera-se que o mercúrio presente reciclado é dividido 50/50 por cento entre as emissões atmosféricas e o cimento comercializado. Uma exceção é a configuração do filtro com ICA, injeção de carvão ativado, na qual o mercúrio é considerado retido no carbono, abaixo dos filtros de partículas e depositado (não reciclado). São escassos os dados sobre estas questões, e os fatores-padrão sugeridos devem ser considerados associados a uma incerteza substancial.

*3 A destinação específica do setor poderá incluir destinação em aterro de segurança, destinação em aterros especiais sem prevenção de lixiviação e uso mais difuso na construção de estradas ou outras obras. A real distribuição entre destinação nos resíduos em geral (aterros comuns) e deposição específica do setor pode variar entre países, e informações específicas sobre os procedimentos locais de destinação devem ser levantadas.

Abreviaturas: ICA – Injeção de carvão ativado; LS – Lavador seco; PES – Precipitador eletrostático; FM – Filtro de manga; DGC – dessulfuração de gases de combustão;MP – Material particulado (ou filtro de MP); LP – Lavador de partícula; RCS– Redução catalítica seletiva; SA – Secagem por atomização; ASP – Adsorção por sistema de secagem por atomização; RSNC – Redução seletiva não catalítica; DGC(vu) – Sistema úmido de dessulfuração de gases de combustão; LU – Lavador úmido.

c) Links para outras estimativas de fontes de mercúrio

670. Outras subcategorias que são relevantes para a fabricação de cimento incluem: queima de combustíveis fósseis, incineração de resíduos, produção de cal e possivelmente outros.

5.3.2.2 Principais dados específicos da fonte

671. Os dados específicos da fonte mais importantes nesse caso seriam:

- dados medidos sobre as concentrações de mercúrio em diversos tipos de matérias-primas, de combustíveis e de coincineração de resíduos;
- quantidade de cada tipo de matéria-prima, combustível e resíduos;
- quantidade produzida de cimento e a concentração de mercúrio no cimento; e
- dados medidos sobre equipamento de redução de emissões utilizado na fonte, ou em fontes semelhantes com equipamento e condições de operação muito semelhantes.

5.3.2 PRODUÇÃO DE PAPEL E CELULOSE

5.3.2.1 Descrição da subcategoria

672. Na indústria de papel e celulose, a celulose é produzida a partir da madeira bruta por meios químicos ou mecânicos ou uma combinação de ambos. A fonte de entrada de mercúrio são vestígios de mercúrio na matéria-prima (madeira), nos combustíveis utilizados para a produção de energia e — mais provavelmente — nos produtos químicos aplicados durante os processos (NaOH, cloreto e possivelmente outros). Anteriormente, o uso de biocidas que continham mercúrio contribuiu para liberações de mercúrio na produção de papel e celulose no Ocidente. Este uso pode ter cessado ou sido reduzido no Ocidente, mas talvez possa continuar em outras partes do mundo. As emissões atmosféricas provenientes dos processos de combustão envolvendo combustíveis fósseis, casca de árvores e outros resíduos de madeira, bem como líquidos de processo que contêm carbono (para a reciclagem de produtos químicos e produção de energia), destinação de resíduos sólidos e liberações aquosas dos processos, estão entre as vias de saída do mercúrio na fabricação de papel e celulose. Esta subcategoria de fonte é uma fonte potencial de liberação de mercúrio do tipo que envolve materiais com concentrações muito baixas de mercúrio, mas em quantidades muito grandes.

Resumos dos processos

673. Os quatro processos químicos de produção de polpa atualmente em uso são (1) Kraft, (2) soda, (3) sulfito e (4) semiquímico (US EPA, 1997a). No processo Kraft, cavacos são "cozidos" sob pressão num digestor em solução aquosa de hidróxido de sódio (NaOH) e sulfeto de sódio (NaS), conhecido como "licor branco". Diversos processos (não descritos aqui) são realizados, e a celulose lavada é produzida. Esta poderá ser encaminhada para uma sequência de branqueamento antes de ser pressionada e secada para produzir o produto acabado. Parte do mercúrio presente nos cavacos também podem estar presente no produto acabado, e o resto estará no licor exaurido. Os níveis de mercúrio no produto e no licor devem ser relativamente baixos, já que os níveis de mercúrio nos cavacos são relativamente baixos. A quantidade de mercúrio que está presente nos cavacos deve variar um pouco de usina para usina, dependendo da origem da madeira processada pela usina. As emissões de mercúrio são associadas às unidades de combustão localizadas na área de recuperação de produtos químicos. A área de recuperação de químicos na usina de celulose Kraft inclui fornos para recuperação de químicos, tanques para dissolução do fundido (TDF) e fornos de cal (US EPA, 1997a).

674. Os outros processos de fabricação de celulose são semelhantes aos processos Kraft, mas com algumas diferenças distintas. O processo de soda é essencialmente igual ao processo Kraft, com a

exceção de que o processo de sódio é livre de enxofre (o Na_2CO_3 é usado sozinho, ou é usada uma mistura de Na_2CO_3 e NaOH) e, portanto, não necessita da oxidação do licor negro para reduzir as emissões de enxofre odoríferas (US EPA, 1997a).

675. O processo de sulfito também é semelhante ao processo Kraft, exceto que um licor ácido é usado para cozinhar os cavacos. Assim como nas usinas Kraft de celulose, o licor exaurido é recuperado nas usinas de sulfito ao queimá-lo numa espécie de unidade de combustão. As unidades de combustão usadas nas usinas de sulfito incluem fornos de recuperação e reatores de leito fluidizado. As temperaturas típicas de combustão para as unidades de combustão de sulfito são por volta de 704-760°C. Essas temperaturas são suficientemente elevadas para volatilizar qualquer mercúrio que esteja presente (US EPA, 1997a).

676. O processo semiquímico de celulose é usado para produzir, por exemplo, meios corrugados (a camada interna dos contêineres corrugados) ou qualidades de papel jornal. O processo semiquímico utiliza uma combinação de métodos químicos e mecânicos de fabricação da celulose. Primeiro os cavacos são parcialmente suavizados num digestor com produtos químicos, vapor e calor; uma vez suavizados num digestor com produtos químicos, os métodos mecânicos terminam o processo. Há três tipos de métodos de polpação química em uso nas usinas semiquímicas: semiquímico sulfito neutro, (processo sulfito à base de sódio), Kraft com licor verde e livre de enxofre (Na_2CO_3 é usado sozinho, ou em mistura com NaOH). Processos de polpação semiquímicos são localizados em algumas fábricas. Nessas fábricas nos EUA, o licor exaurido do processo de polpação semiquímica é queimado no forno de recuperação de Kraft (US EPA, 1997a).

677. Algumas usinas usam apenas o processo semiquímico de polpação. Essas usinas, chamadas de "usinas autônomas de celulose", utilizam diversos equipamentos de recuperação de químicos para queimar o licor exaurido. Os tipos de equipamentos de recuperação de químicos usados nas usinas autônomas incluem reatores de leito fluidizado, fornos de recuperação e unidades de pirólise. As temperaturas típicas de combustão nos fornos de recuperação e fundições são semelhantes àquelas para Kraft e soda, enquanto que as temperaturas de combustão nos reatores de leito fluidizado e fornos rotativos de licor estão na faixa de 704-760°C. Semelhantemente ao processo Kraft, os produtos químicos de cozimento de licor nas usinas semiquímicas são recuperados do equipamento de combustão de recuperação de produtos químicos na forma de cinzas ou material fundido, que é misturado com água num tanque de dissolução para formar o licor verde. Depois, o licor verde se combina com outros produtos químicos de recuperação para produzir licor fresco de cozimento. Uma temperatura típica na ventilação do tanque de dissolução seria de 85°C, que é bem abaixo da temperatura de volatilização do mercúrio. Portanto, espera-se que o mercúrio se encontre na forma de particulado na ventilação do tanque de dissolução (US EPA, 1997a).

5.5.3.2 Principais fatores que determinam as liberações de mercúrio e saídas de mercúrio

Tabela 5-94 Principais liberações e meios receptores da produção de papel e celulose

Processos	Ar	Água	Solo	Produtos	Resíduos em geral	Destinação/tratamento específico do setor
Produção de papel e celulose	X	x	x		x	x
Destinação de papel						

Notas: X – Via de liberação que se espera seja predominante na subcategoria.
x – Outras vias de liberação a serem consideradas em função da situação nacional e da fonte específica.

678. O mercúrio pode ser introduzido no processo de polpação por meio da madeira que está sendo processada, na água utilizada na polpação e na forma de um contaminante nos produtos químicos de recuperação adicionados ao processo.A concentração de mercúrio na madeira e outros insumos são fatores importantes para determinar as liberações.

679. Se o mercúrio não for removido do processo nas águas residuais ou como sedimento, poderá acumular na área de recuperação de químicos e posteriormente ser liberadodas fontes de combustão de recuperação de químicos. A quantidade de mercúrio liberada poderá depender do quão hermético é o processo de polpação (por exemplo, quanto se recicla e reutiliza as águas de processo) (US EPA, 1997a).

5.3.2.3 Análise das entradas de mercúrio

Tabela 5-95 Visão geral dos dados de taxas de atividades e tipos de fatores de entrada de mercúrio necessários para estimar as liberações advindas da produção de celulose

Fase do ciclo de vida	Dados de taxa de atividade necessários	Fator de entrada de mercúrio
Produção	Quantidades de matérias-primas utilizadas	Concentrações de mercúrio nas matérias-primas utilizadas

680. O mercúrio está presente na madeira e em outras matérias-primas em diferentes concentrações.

681. Um fator médio de emissão de 0,0026 g mercúrio por tonelada de madeira queimada é recomendado por US EPA como sendo o "melhor típico fator de emissão"para combustão de resíduos de madeira em caldeiras nos EUA (US EPA, 1997b).

682. Em estudos nos EUA, o teor de mercúrio em cama de ave e vegetação verde de sete locais nos EUA variou de 0,01-0,07 mg Hg/kg peso seco (FRIEDLI et al., 2001).

683. De acordo com pesquisas dinamarquesas, o teor de mercúrio em madeira e palha queimada na Dinamarca está na faixa de 0,007-0,03 mg/kg peso seco (SKÅRUP et al., 2003). Investigações suecas encontraram concentrações de mercúrio de 0,01-0,02 mg/kg peso seco em lenha; no entanto, concentrações de 0,03-0,07 mg/kg peso seco em salgueiros foram encontrados (KINDBOM AND MUNTHE, 1998). Na casca de árvore, foi encontrada uma concentração de mercúrio de 0,04 mg/kg peso seco, mas nas agulhas do abeto a concentração era de 0,3-0,5 mg/kg peso seco (KINDBOM AND MUNTHE, 1998).

5.3.2.4 Exemplos de mercúrio em liberações e resíduos/rejeitos

684. Nos EUA, só estão disponíveis os dados de emissões de mercúrio das unidades de combustão nas usinas de Kraft. Dados de emissões detectáveis de mercúrio estão disponíveis para oito fornos de recuperação, um tanque para dissolução do fundido(TDF) e três fornos de cal, localizados em 11 usinas Kraft de celulose. Os fatores médios de emissões de mercúrio foram estimados para fornos de recuperação, TDFs e os fornos de cal com base nos dados disponíveis de emissões de mercúrio. Os fatores médios de emissões de mercúrio para essas unidades, que incluem fornos de recuperação, TDFs e fornos de cal, são apresentados na tabela a seguir.

Tabela 5-96 Fatores de emissões atmosféricas para diversas unidades em fábricas de papel e celulose nos EUA (US EPA, 1997a)

Unidade de combustão Kraft	Fator de emissões (kg/tonelada)	Número de unidades testadas/dispositivo de controle
Forno de recuperação	2 X 10-5*1	8 fornos de recuperação, cada um controlado com um PES
Tanques para dissolução do fundido	2,6 X 10-8*2	1 TDF, controlado com eliminador de névoa
Forno de cal	1,5 X 10-6*2	3 fornos de cal, cada um controlado com lavador úmido

Notas: *1 – kg Hg emitidos por tonelada de sólidos de licor negro queimados no forno de recuperação ou TDF.
*2 – kg Hg emitidos por tonelada de cal produzidos no forno.

685. O total anual de emissões de mercúrio (em 1994) nos EUA (para 153 instalações) foi estimado usando esses fatores de emissão para os fornos de Kraft e recuperação com soda, TDFs e fornos de cal. As emissões totais de mercúrio foram estimadas em 1,6 tonelada. Como há 153 instalações, as emissões médias são estimadas em cerca de 0,01 tonelada por instalação. A maior fonte de emissões de mercúrio na área de recuperação de químicos é o forno de recuperação (US EPA, 1997a).

686. Quase todas as emissões de mercúrio da fabricação de papel e celulose vêm dos processos de recuperação Kraft e de soda (aproximadamente 99,9%) (US EPA, 1997a). As emissões estimadas de todas as instalações foram somadas para chegar às emissões estimadas de mercúrio, para o ano de 1996, de 1,7 tonelada para o inventário dos EUA (US EPA, 1997b).

687. As liberações de compostos de mercúrio e mercúrio em todas as vias de liberação nos EUA em 2002 estão na Tabela 5-95. As principais vias são as liberações para o ar e as liberações na destinação de resíduos sólidos. Os compostos de mercúrio específicos não foram informados e não foi possível estimar o total de liberações de mercúrio com base nos dados.

Tabela 5-97 Liberações de mercúrio e compostos de mercúrio da produção de Kraft e papel nos EUA, 2002 (TRI, 2004)

Via de liberação	Compostos de mercúrio		Mercúrio (elementar)	
	kg/ano	%	kg/ano	%
Ar	2.098	71	319	39
Água superficial	36	1	19	2
Tratamento do solo e represamentos de superfície	217	7	20	2
Tratamento de águas residuais em outros locais	3	0	0	0
Destinação de resíduos sólidos em outros locais	594	20	451	56
TOTAL (% arredondada)	2.948	100	809	100

5.3.2.5 Fatores de entrada e fatores de distribuição de saídas

688. Com base nos exemplos compilados até agora das concentrações de mercúrio na biomassa e nas informações gerais sobre a eficiência dos sistemas de redução de emissões, sugere-se os seguintes fatores-padrão de entrada e distribuição para usar nos casos em que não haja dados específicos da fonte. Sublinha-se que os fatores-padrão sugeridos no presente Toolkit baseiam-se num banco de dados limitado, e, como tal, devem ser considerados sujeitos a revisões à medida que se amplie o banco de dados. O principal motivo de usarem-se os fatores-padrão é obter uma primeira impressão para saber se a subcategoria é uma fonte significativa de liberação de mercúrio no país. Em princípio, as estimativas de liberação teriam que ser mais aprimoradas (após o cálculo com fatores-padrão) antes que qualquer ação de largo alcance fosse empreendida com base nestas estimativas.

689. Considerando a grande variação apresentada acima tanto na concentração de mercúrio na biomassa quanto na eficiência dos sistemas de redução de emissões do mercúrio, o uso de dados específicos da fonte será sempre preferível, se viável.

a) Fatores-padrão de entrada de mercúrio

Observe que, devido à falta de dados, o fator de entrada padrão inclui entradas apenas do uso de biomassa e não de outras matérias-primas não combustíveis. Se forem usados combustíveis fósseis, estes contribuirão para as entradas de mercúrio, mas o consumo de combustíveis fósseis é contabilizado em outras subcategorias.

Tabela 5-98 Fatores-padrão preliminares de entrada para o mercúrio na biomassa para a produção de papel e celulose

Material	Fatores-padrão de entrada; g mercúrio por tonelada de biomassa (peso seco); (inferiorvsuperior)
Biomassa utilizada na produção (principalmente madeira)	0,007c-0,07

b) Fatores-padrão de distribuição de saídas de mercúrio

Tabela 5-99 Fatores-padrão *preliminares* de distribuição para saídas de mercúrio da produção de calor e energia a partir da queima de biomassa

Dispositivo de redução de emissões	Fatores de distribuição, parcela da entrada de Hg					
	Ar	Água	Solo *1	Produtos	Resíduos em geral *1	Destinação/trata-mento específico do setor *1
Nenhum	1	?		?		
Controle de MP com PES geral ou LP	0,9	?	?	?	0,1	?

Notas: A real distribuição na destinação dos resíduos em geral (aterros comuns) no solo e na destinação específica do setor provavelmente vai variar muito entre países e informações específicas sobre os procedimentos locais de destinação devem ser levantadas.

Abreviaturas: MP – material particulado; PES – precipitador eletrostático; LP – lavador de partículas.

c) Links para outras estimativas de fontes de mercúrio

690. Nenhum link sugerido.

5.3.3 PRODUÇÃO DE CAL E AGREGADOS LEVES

5.3.3.1 Descrição da subcategoria: produção de cal

691. Esta subcategoria inclui a produção de cal em fornos de cal (exceto a cal produzida em fábricas de cimento e fábricas de papel e celulose, que são descritas nas seções anteriores deste documento) e fornos de agregados leves.

692. A cal é produzida em diversas formas, com o grosso da produção, gerando cal hidratada ou cal viva. Em 1994, 17,4 x 10^6 toneladas de cal foram produzidas em 109 fábricas nos EUA. A cal é usada na siderurgia, na fabricação de papel e celulose, no tratamento da água, de esgoto e emissões de chaminé (US EPA, 1997a).

693. A cal é produzida pela calcinação da pedra calcária (isto é, removendo o CO_2 da pedra calcária) sob alta temperatura (US EPA, 1997a). A calcinação, que consiste na queima de carbonato de cálcio em altas temperaturas, é o processo primário nas fábricas de produção de cal que liberam mercúrio (NESCAUM, 1998).

694. O produto da operação de calcinação é a cal viva; este material pode ser hidratado com água para produzir cal hidratada ou cal extinta. O produto da calcinação da dolomita é a cal viva dolomítica; também pode ser hidratada (US EPA, 1997a).

695. A fabricação da cal se realiza em cinco etapas principais. São elas: 1) extração da pedra calcária bruta;2) preparação da pedra calcária para a calcinação; 3) calcinação da pedra calcária; 4) processamento da cal pela hidratação; e 5) diversos processos de transferência, armazenamento e manuseio.

696. As etapas da produção da cal são muito semelhantes àquelas do processo seco do cimento Portland, que foi analisado numa seção anterior deste documento.

697. Durante a calcinação, a temperatura do forno pode chegar a 1.820 °C. Cerca de 90% da cal produzida nos EUA é fabricada pela calcinação da pedra calcária num forno rotativo. Outros tipos de forno de cal incluem o forno vertical ou de cuba, forno de soleira rotativa e forno de leito fluidizado (US EPA, 1997a).

698. Combustíveis, como carvão, petróleo, coque de petróleo ou gás natural, poderão ser usados para fornecer energia para calcinação. O coque de petróleo é usado em combinação com carvão; petróleo quase nunca é usado como fonte de combustível. Aparas de borracha e resíduos de solventes também poderiam ser usados como combustíveis auxiliares (US EPA, 1997a).

699. Espera-se que vestígios de mercúrio estejam presentes no calcário e em alguns dos combustíveis. O teor de mercúrio no carvão, petróleo e em outros combustíveis é analisado na Seção 5.1. Assim como na produção do cimento Portland, qualquer mercúrio presente nas matérias-primas deverá ser liberado no ar a partir do forno de cal. A queima do combustível no forno de cal é uma fonte primária de emissões de mercúrio.

700. Outras fontes de emissões da produção de cal podem incluir emissões de processo ou emissões fugitivas. Os principais poluentes resultantes dessas fontes fugitivas são MP. US EPA informou em 1997 que não havia medidas específicas de controle para a indústria da cal nos EUA relatadas na literatura para as fontes fugitivas (US EPA, 1997a).

701. As medidas de redução usadas para as fontes de poeiras fugitivas nas fábricas de cimento Portland também poderão se aplicar às indústrias de produção de cal. Os dispositivos de controle da poluição atmosférica nos fornos de cal são usados principalmente para recuperar o produto ou controlar poeiras fugitivas e emissões de MP. O escape do forno de calcinação geralmente é encaminhado para um ciclone para recuperação do produto e depois para um filtro de manga ou PES para recolher as emissões de partículas finas. Outros controles de emissão encontrados em fornos de cal são os lavadores úmidos (tipicamente lavadores Venturi). O desempenho desses diversos dispositivos de controle da poluição atmosférica, em relação às emissões da fase de vapor do mercúrio na produção da cal ainda não foi bem documentado. Espera-se que a eficiência do controle seja semelhante àquela observada na produção do cimento Portland por causa das semelhanças nos processos e dispositivos de controle (US EPA, 1997a).

702. As emissões de mercúrio advindas da queima de combustível vêm do forno de cal (calcinação). O mercúrio presente no calcário também será emitido do forno. Todas as outras fontes potenciais de emissões no processo deverão contribuir muito menos para o total das emissões de mercúrio.

5.3.3.2 Descrição da subcategoria: agregados leves

703. Fornos de agregados leves processam uma variedade de matérias-primas (como argila, xisto ou ardósia) que, após o processo térmico, poderão ser combinadas com cimento para formar produtos de concreto. O concreto de agregados leves é produzido para fins estruturais ou para fins de isolamento. Uma instalação de agregados leves geralmente inclui uma pedreira, uma área de preparação da matéria-prima, um forno, um resfriador e uma área de armazenamento de produtos. O material é obtido e transferido da pedreira para a área de preparação de matéria-prima e depois inserido no forno rotativo (US EPA, 1997a).

704. Nos fornos de agregados leves, há um forno rotativo, que consiste em um longo cilindro de aço, revestido internamente com tijolos refratários, capaz de rotar sobre seu eixo e inclinado a um ângulo de cerca de 5 graus da horizontal. O comprimento do forno depende em parte da

composição da matéria-prima a ser processada, mas geralmente mede 30-60 metros. A matéria-prima preparada é alimentada ao forno na extremidade mais alta, enquanto que a queima ocorre na extremidade inferior. A matéria-prima seca alimentada ao forno é inicialmente preaquecida pelos gases quentes de combustão. Uma vez aquecida, a matéria-prima passa para uma segunda zona do forno, onde se funde até alcançar um estado semiplástico e começa a gerar gases que servem de agentes de expansão. Nessa zona, compostos específicos começam a se decompor e a formar gases como SO, CO, SO e O, que posteriormente desencadeiam a desejada expansão no interior da matéria-prima. Quando as temperaturas atingirem seu máximo (aproximadamente 1.150°C), a matéria-prima semiplástica se torna viscosa e retém os gases em expansão. Essa expansão produz pequenas e desconectadas células de gás,que permanecem no material depois que esfria e se solidifica. O produto sai do forno e entra numa seção do processo, onde é refrigerado com ar frio e depois transportado para a zona de descarga (US EPA, 1997a).

705. Os parâmetros de operação do forno, tais como temperatura da chama, excesso de ar, tamanho do insumo, fluxo do material e velocidade de rotação, variam de fábrica para fábrica e são determinados pelas características da matéria-prima. As temperaturas máximas nos fornos rotativos variam de 1.120 a 1.260°C, dependendo do tipo da matéria-prima que seja processada e seu índice de umidade. Temperaturas típicas de saída variam de 427-650°C, novamente dependendo da matéria-prima e desenho interno do forno. Aproximadamente 50-200% de excesso de ar é forçado para o forno para ajudar na expansão da matéria-prima (US EPA, 1997a).

706. A principal fonte de emissões de mercúrio dos fornos de agregados leves é a chaminé dos gases de combustão.

707. Os fornos de agregados leves podem usar um ou uma combinação de dispositivos de controle de poluição atmosférica, inclusive filtros de manga, lavadores Venturi, ciclones e lavadores secos. Todas as instalações nos EUA utilizam filtros de manga como o principal controle de emissões, embora possa-se adicionar um sistema de secagem por atomização, lavador Venturi e lavador seco ao filtro de manga (US EPA, 1997a). Esses dispositivos de controle podem capturar um pouco do mercúrio no fluxo de gás e, portanto, reduzir as emissões atmosféricas.

5.3.3.3 Principais fatores que determinam as liberações de mercúrio e saídas de mercúrio

Tabela 5-100 Principais liberações e meios receptores da produção e processamento de outras matérias-primas

Fase do ciclo de vida	Ar	Água	Solo	Produtos	Resíduos em geral	Destinação/tratamento específico do setor
Produção	X			x		

Notas: X – Via de liberação que se espera seja predominante na subcategoria.
x – Outras vias de liberação a serem consideradas em função da situação nacional e da fonte específica.

708. Os principais fatores que determinam as liberações serão as concentrações de mercúrio nas matérias-primas utilizadas e as medidas de controle de liberação instaladas.

5.3.3.4 Análise das entradas de mercúrio

Tabela 5-101 Visão geral dos dados de taxas de atividades e tipos de fatores de entrada de mercúrio necessários para estimar as liberações advindas da produção de cal

Fase do ciclo de vida	Dados de taxa de atividade necessários	Fator de entrada de mercúrio
Produção	Quantidades de matérias-primas utilizadas	Concentrações de mercúrio nas matérias-primas utilizadas

709. O mercúrio está presente no calcário que é processado para fazer cal (NESCAUM, 1998).

5.3.3.5 Exemplos de mercúrio em liberações e resíduos/rejeitos

710. Calculou-se um fator de emissões atmosféricas de 0,055 g de mercúrio por tonelada de produção de cal para o forno de cal, utilizando uma abordagem de balanço de massa com base em informações sobre o teor de mercúrio em pedra calcária de 5 fornos de cal em Wisconsin (MILLER, 1993, citado em NESCAUM, 1998). Este fator de emissão foi usado por NESCAUM (1998) para estimar as liberações no ar de 15 kg por ano de uma instalação de produção de cal em Massachusetts, EUA.

711. Em 1994 havia 109 fábricas de cal nos EUA (US EPA, 1997a). Com base nos dados de US EPA, essas 109 fábricas liberaram um total de 37,8 toneladas de mercúrio para o solo, 0,1 tonelada de mercúrio no ar e menos de 0,05 tonelada na água. A fábrica de cal que mais emitiu nos EUA informou liberações de 37.500 kg no solo e cerca de 1 kg no ar (US EPA, 2003a, dados de liberação do TRI para o ano de 2001).

712. Dados estão disponíveis para duas fábricas nos EUA e uma no Canadá (US EPA, 1997a). Na fábrica canadense, dois fornos diferentes foram testados; um era um forno rotativo a coque/carvão e o outro era um forno vertical alimentado por gás natural. Para o forno rotativo a coque/carvão, os resultados dos testes mostraram um fator médio de emissão de mercúrio de 9 mg de mercúrio por tonelada produzida de cal (ou 9 mg Hg/tonelada produzida de cal); os fatores de emissão variaram de 8 mg a 10 mg Hg/tonelada produzida de cal em quatro ensaios. Para o forno vertical a gás natural, os resultados mostraram um fator médio de emissão de mercúrio de 1,5 mg Hg/tonelada produzida de cal. Dados do processo dos testes na fábrica canadense foram usados para calcular a quantidade de pedra calcária necessária para produzir 0,91 tonelada de cal. Com base nos dados de processo para o forno rotativo, a razão média do insumo de calcário/cal produzida foi de 0,50 (isto é, 2 toneladas de calcário são necessárias para produzir 1 tonelada de cal). A relação média para o forno vertical foi calculada em 0,51. Os resultados dos testes em uma das fábricas dos EUA mostraram um fator médio de emissão de mercúrio de 1,9 mg Hg/tonelada de calcário. Com base na relação 2:1 de calcário para cal, isso corresponde a um fator de emissão de 3,8 mg Hg/tonelada produzida de cal. Na outra fábrica, os resultados mostraram um fator médio de emissão de mercúrio de 4,7 mg/tonelada de calcário. Utilizando a razão de conversão 2:1, isso corresponde a um fator de emissão de mercúrio de 9,4 mg Hg/tonelada produzida de cal (US EPA, 1997a).

713. Os fatores médios de emissão de mercúrio para os fornos rotativos a carvão da fábrica canadense e das duas fábricas dos EUA foram combinados e mostraram um fator global médio de emissão atmosférica de mercúrio de 7,4 mg Hg/tonelada produzida de cal (US EPA, 1997a).

5.3.3.6 Fatores de entrada e fatores de distribuição de saídas

714. Não foi feita nenhuma tentativa para estabelecer fatores-padrão para esta subcategoria.

5.3.4 OUTROS MINERAIS E MATERIAIS

715. Podem existir ainda outras fontes potenciais de mercúrio. Inclua todos os dados observados dessas fontes no inventário. Não foi feita nenhuma tentativa de descrever essas fontes neste relatório do Toolkit.

5.4 Uso intencional de mercúrio em processos industriais

Tabela 5-102 Uso intencional de mercúrio como material auxiliar em processos industriais: subcategorias com vias primárias de liberações de mercúrio e abordagem de inventário recomendada

Capítulo	Subcategorias	Ar	Água	Solo	Produto	Resíduos/ rejeitos	Principal abordagem de inventário
5.4.1	Produção de cloro-álcali com tecnologia de mercúrio	X	X	X	X	X	FP
5.4.2	Produção de VCM (monômero de cloreto de vinila) com catalisador de cloreto de mercúrio ($HgCl_2$)	x	x			X	FP
5.4.3	Produção de acetaldeído com uso de sulfato de mercúrio ($HgSO_4$) como catalisador	?	?	?	?	?	FP
5.4.4	Outras formas de produção de substâncias químicas e polímeros com uso de compostos de mercúrio como catalisadores	?	?	?	?	?	FP

Notas: FP = abordagem por fonte pontual.
AG = abordagem geral/nacional
X – Via de liberação que se espera que seja predominante na subcategoria.
x – Outras vias de liberação a serem consideradas em função da situação nacional e da fonte específica.
? – Liberações podem ocorrer, mas não existem dados disponíveis sobre este aspecto.

5.4.1 PRODUÇÃO DE CLORO-ÁLCALI COM TECNOLOGIA DE MERCÚRIO

5.4.1.1 Descrição da subcategoria

716. Em instalações de cloro-álcali com células de mercúrio, o mercúrio elementar é usado como um eletrodo fluido nos processos eletrolíticos da produção de cloro e hidróxido de sódio (NaOH) ou hidróxido de potássio (KOH) a partir do sal (a eletrólise separa o sal, NaCl). O hidrogênio é também um subproduto. O processo às vezes é chamado de processo de "célula de mercúrio". Observe que dois outros métodos (livres de mercúrio) também são muito usados: o processo de membrana e o processo de diafragma. A parcela da capacidade nacional de produção com base no processo de célula de mercúrio varia de país para país e, por via de regra, está diminuindo em muitos países. Em diversos países, o setor se comprometeu a não usar o processo de célula de mercúrio nas novas instalações de cloro-álcali e em alguns países/regiões já são planejadas a conversão/encerramento de instalações de célula de mercúrio, ou até já foram implementadas.

717. O mercúrio é liberado no meio ambiente com todas as emissões atmosféricas, liberações na água e em resíduos sólidos e, em grau menor, em produtos (como NaOH e H_2).

Processos envolvidos

718. Todos os ciclos de produção na célula de mercúrio incluem uma célula de eletrólise alongada, um decompositor, uma bomba de mercúrio, tubulação e conexões a outros sistemas (Anscombe, 2004). A célula eletrolítica produz gás cloro e o decompositor produz gás hidrogênio e solução cáustica (NaOH ou KOH). A célula eletrolítica geralmente é uma calha de aço alongada fechada por painéis laterais e uma tampa superior. Geralmente contém cerca de 3.600 kg de mercúrio. O decompositor é um recipiente cilíndrico localizado na saída da célula eletrolítica. A célula eletrolítica e o decompositor são normalmente ligados por uma caixa de conexão de entrada e uma caixa de conexão de saída. Há um fluxo contínuo de salmoura e corrente rasa de mercúrio elementar entre a célula eletrolítica e o decompositor. Enquanto cada célula seja

uma unidade de produção independente, diversas células são conectadas eletricamente em série. Uma instalação geralmente tem muitas células. Por exemplo, nos EUA cada fábrica tem 24-116 células, com uma média de 56 (US EPA, 2002b). Muitas toneladas de mercúrio podem estar sendo usadas na fábrica. Para descrições abrangentes dos processos, liberações, etc., veja, por exemplo, o documento de referência da CE sobre melhores técnicas disponíveis na indústria da produção de cloro-álcali (EUROPEAN COMMISSION, 2001b; ou veja a atualização preliminar de 2011 em http://eippcb.jrc.es/reference/).

719. Na célula eletrolítica, uma corrente elétrica resulta na separação do gás cloro do sal (salmoura de cloreto de sódio); o sódio (ou às vezes potássio) se liga ao mercúrio para formar um amálgama (amálgama de Na-Hg ou K-Hg). O gás cloro é coletado e o amálgama de mercúrio sai através da caixa de conexão de saída e entra no decompositor. No decompositor, o amálgama (Na-Hg ou K-Hg) é convertido, por meio de outra reação eletrolítica em soda ou potassa cáustica (NaOH ou KOH), hidrogênio e mercúrio elementar. A soda cáustica e o hidrogênio são transferidos para outros equipamentos e o mercúrio é bombeado de volta para a caixa de conexão da entrada da célula.

5.4.1.2 Principais fatores que determinam as liberações de mercúrio e saídas de mercúrio

Tabela 5-103 Principais liberações e meios receptores da produção de cloro-álcali com tecnologia de mercúrio

Fase do ciclo de vida	Ar	Água	Solo	Produto *3	Resíduos em geral *2	Destinação/ tratamento específico do setor *1
Produção de cloro-álcali em célula de mercúrio	X	X	X	X	X	X

Notas: *1 Poderá incluir tratamento para recuperar o mercúrio, depósito em aterros seguros como resíduos perigosos. O despejo *in loco* ou fora do local é considerado liberação direta no solo.

*2 Apenas em casos onde os resíduos de produção sejam descartados num aterro sanitário.

*3 Podem se perder quantias significativas de mercúrio no produto cáustico em alguns casos.

X – Via de liberação que se espera seja predominante na subcategoria.

x – Outras vias de liberação a serem consideradas em função da situação nacional e da fonte específica.

720. O mercúrio é liberado no meio ambiente com todas as emissões atmosféricas, liberações na água e em resíduos sólidos e em produtos (como NaOH). Essas liberações podem ocorrer em várias fases e locais do processo. O grau de liberação para cada meio receptor (ar, água e solo) das diversas etapas e pontos de liberação ao longo do processo é dependente fortemente do nível de controles existentes, das práticas laborais/de manejo, dos procedimentos de destinação/ tratamento de resíduos e de outros fatores. Uma parte do mercúrio segue com os produtos produzidos e poderá, subsequentemente, ser liberada quando a soda cáustica ou hidrogênio forem usados mais tarde.

721. A maior parte das liberações de mercúrio ocorrem como emissões fugitivas do ambiente da célula e de outros locais. Medidas preventivas e boas práticas de gestão podem influir de maneira significativa nessas emissões fugitivas (UNEP, 2002). Os principais pontos específicos de saídas de mercúrio para o ar são o sistema de ventilação da caixa de conexão e o hidrogênio na ventilação de gases. Diversas técnicas de controle podem ser empregadas para reduzir os níveis de mercúrio nos fluxos de hidrogênio e nos sistemas de ventilação da caixa de conexão. As técnicas mais comuns são (1) resfriamento do fluxo de gás, (2) eliminadores de névoa, (3) lavadores e (4) adsorção em carvão ativado ou peneiras moleculares. O resfriamento do fluxo de gás pode ser usado como a principal técnica de controle de mercúrio ou como uma etapa preliminar a ser

seguida por um dispositivo de controle mais eficiente. O uso correto desses dispositivos pode remover mais de 90% do mercúrio dos fluxos de gás (PACYNA AND PACYNA, 2000). Cada um dos locais e/ou processos importantes, onde podem ocorrer liberações, são analisados a seguir.

722. Ventilação da caixa de conexão. Em muitas fábricas há um sistema de ventilação da caixa de conexão e, às vezes, outros equipamentos também. A concentração de mercúrio nos sistemas de ventilação da caixa de conexão antes que qualquer medida seja tomada para remover o mercúrio varia muito em função do equipamento desocupado. Os gases coletados são geralmente resfriados e depois tratados com equipamentos de controle. No entanto, algum mercúrio permanece no fluxo tratado que sai do sistema de ventilação da caixa de conexão e é liberado para o ar (US EPA 1997a). A extensão das liberações desse sistema depende muito do tipo de controle utilizado.

723. Fluxo de hidrogênio. O gás hidrogênio que sai do decompositor contém altas concentrações de vapor de mercúrio (tão elevada quanto 3.500 mg/m^3). Na maioria das situações, cada decompositor está equipado com um resfriador adjacente por meio do qual o fluxo do gás hidrogênio é deslocado para condensar o mercúrio e retornar à célula de mercúrio.Após o resfriamento inicial, o gás hidrogênio de cada decompositor é levado a um duto comum.Mercúrio adicional é removido dos gases combinados por meio de resfriamento adicional e equipamento de controle de adsorção (ou absorção). No entanto, permanece algum mercúrio no fluxo tratado, que é ventilado para a atmosfera (ou em alguns casos queimado como combustível em uma caldeira ou transferido para outro processo como matéria-prima).

724. Emissões fugitivas no ar: os seres humanos não podem cheirar ou enxergar vapor de mercúrio (sob iluminação normal). O vapor de mercúrio pode ser detectado por meio de analisadores de vapores comercialmente disponíveis. Ademais, quando o mercúrio elementar líquido estiver visivelmente acessível ao ar livre, emitirá algum vapor, a taxas que dependem da temperatura e outros fatores, portanto, a inspeção visual de mercúrio visível é uma prática de trabalho eficaz para reduzir as emissões atmosféricas. Mas o vapor de mercúrio também pode ser gerado a partir de vazamentos no equipamento pressurizado, na manutenção e disfunção, sem qualquer visualização de mercúrio líquido. Portanto, outra prática de trabalho é a inspeção visual de vazamentos de vapor do equipamento por meio de lâmpadas do espectro ultravioleta. Quando são identificados vazamentos, os trabalhadores podem empreender medidas corretivas para tampá-los. Entre outros métodos de redução de emissões atmosféricas fugitivas potenciais estão a limpeza de mercúrio líquido e o encerramento no vácuo de resíduos que contêm mercúrio.

725. Resíduos sólidos: diversos resíduos sólidos contaminados com mercúrio são produzidos. O nível de segurança do manejo de resíduos sólidos varia e pode incluir tratamento *in loco* com processos de recuperação de mercúrio, uso de aterros para resíduos perigosos ou destinação *in loco* ou em aterros sanitários. Parte dos resíduos sólidos gerados incluem: lodo de tratamento de águas residuais (descrito abaixo) e diversos resíduos não específicos, inclusive grafite dos decompositores, lodos dos reservatórios da sala da célula e dispositivos exauridos de adsorção do carbono. Ademais, são destinados diversos resíduos maiores contaminados, incluindo hardware, equipamento de proteção, tubulações e equipamento.

726. É possível recuperar uma parte do mercúrio nos resíduos sólidos e reciclá-los no processo de produção — muitas vezes uma parte integral da instalação de produção. Por exemplo, nos EUA, 9 (de 12) fábricas de cloro-álcali com células de mercúrio tinham processos de recuperação de mercúrio *in loco* em 2002. O tipo mais comum é a recuperação térmica (retorta),onde os resíduos que contêm mercúrio são aquecidos até volatilizar o mercúrio, que é então condensado, recuperado e usado novamente como insumo para o processo de célula de mercúrio (US EPA, 2002b). Entretanto, nem todo o mercúrio é capturado por meio desse processo. Parte do mercúrio

é liberado no ar através da ventilação dos efluentes gasosos. Outras fábricas usam um processo químico ou um processo de purificação em série(US EPA, 2002b). Ademais, as fábricas em outros países e regiões podem não utilizar esses tratamentos de resíduos sólidos. Nesses casos, as liberações dos resíduos sólidos poderiam ser significativas.

727. Ademais, alguns resíduos sólidos (que contêm mercúrio) são gerados a partir do processo de recuperação do mercúrio. Por exemplo, o processo de retorta produz cinzas de retorta, que geralmente contém baixos níveis de mercúrio. Outros processos de recuperação também geram alguns resíduos sólidos, como o processo químico no qual o sulfeto de mercúrio e o mercúrio elementar são transformados em cloreto de mercúrio (US EPA, 2002b).

728. Mercúrio em produtos: o produto cáustico contém baixos níveis de mercúrio na forma de cloreto de mercúrio, que tem uma pressão de vapor relativamente baixa. Portanto, as emissões atmosféricas são mínimas. A concentração de mercúrio no fluxo cáustico que sai do decompositor varia de cerca 3-15 ppm (esses valores podem representar a situação nos EUA por volta de 2002). O mercúrio é removido por meio de resfriamento e filtração. Algumas águas residuais que contêm mercúrio são geradas nesse processo, que geralmente são sujeitas a um tratamento de águas residuais adequado. O mercúrio residual contido no produto cáustico é provavelmente baixo. Por exemplo, nos EUA os produtos geralmente têm níveis de cerca de 0,06 ppm (US EPA, 2002b). Cerca de 2,26 toneladas de soda cáustica a 50% são produzidas para cada tonelada de cloro produzido (EUROCHLOR, 1998). O produto de gás cloro geralmente tem níveis inferiores a 0,03 ppm.

729. Embora o mercúrio seja liberado como contaminante em produtos, os níveis aparentam ser baixos nos EUA, com base nos dados disponíveis (US EPA, 1997b). No entanto, os níveis nesses produtos poderiam ser mais elevados em outros países se etapas semelhantes de purificação e limpeza não forem empregadas.

730. Por exemplo, numa análise abrangente da indústria de cloro-álcali na Índia, o Center for Science and Environment (CSE) informou que 10,6% do mercúrio perdido via produção poderia ser encontrado nos produtos (ou seja, 15,5 g/tonelada produzida de soda cáustica). A maior parte desse mercúrio (10 g/tonelada produzida de soda cáustica) foi no produto soda cáustica, mas uma quantidade grande também estava no produto hidrogênio (CSE, 2002, citado por comentários do NRDC ao UNEP Chemicals, 2005).

731. Águas residuais: as fábricas de cloro-álcali que utilizam célula de mercúrio geram uma variedade de fluxos aquosos de resíduos que contêm mercúrio e muitas vezes são tratados num sistema de águas residuais. Essas águas residuais têm sua origem em uma variedade de fontes, desde as águas residuais produzidas durante as limpezas e despoluição da sala de células até as atividades para despoluir líquidos e lodos produzidos da salmoura purificada e águas de retrolavado do equipamento de filtração utilizados para a purificação cáustica (US EPA, 2002b). Nos EUA, como exemplo, a maioria das fábricas usam um processo que converte os resíduos em sulfeto de mercúrio, que tem uma pressão de vapor muito baixa. O sulfeto de mercúrio é removido das águas residuais por meio de precipitação e filtração. O resultado final é um lodo consistente principalmente em sólidos de sulfeto de mercúrio depositado durante a filtração. Nos EUA, esse lodo deve ser tratado de acordo com as regulamentações sobre resíduos perigosos, o que minimiza as liberações. Se uma fábrica não utiliza um processo eficiente de tratamento de lodo e águas residuais, as liberações de mercúrio nas águas residuais poderiam ser significativas.

732. Retortas: nos EUA, 3 unidades de recuperação de mercúrio empregam retortas. As unidades de melhor desempenho tratam os efluentes gasosos com um lavador úmido e condensador seguidos de um adsorvente de carbono. Com base em 134 testes realizados nessa fábrica dos

níveis de mercúrio no gás emitido ao final, os três maiores valores foram 20,4, 22,1 e 26,4 mg/m³ (US EPA, 2002b). Duas fábricas nos EUA utilizam fornos rotativos de retorta. Dados de uma dessas fábricas mostram as concentrações de mercúrio nas emissões atmosféricas de 1,4-6,0 mg/m³, com uma média de 2,8 mg/m³ dessas retortas. Uma fábrica dos EUA utiliza um forno de retorta. As concentrações variam de 0,2 mg a 10,8 mg/m³, com uma média de 1,6 mg/m³ para esta unidade (US EPA, 2002b).

Tabela 5-104 Visão geral dos processos, equipamento ou atividades nas fábricas de cloro-álcali onde podem ocorrer liberações significativas de mercúrio e meios receptores potenciais

Fonte de liberação (processo, equipamento ou atividade) *1	Ar	Água	Solo	Produto	Resíduos específicos da fonte
Fluxo de hidrogênio	X	x		x	x
Ar de ventilação da caixa de conexão	X				x
Ar de ventilação da sala das células	X				x
Liberações fugitivas, especialmente da sala das células	X		x		x
Unidade de recuperação de mercúrio	X				X
Águas residuais (da limpeza da sala das células, sistema de salmoura, purificação cáustica e outras atividades)	X		x		X
Lodos e resíduos sólidos do tratamento de águas residuais	X		X	X	X
Produtos de gás cloro, NaOH, KOH vendidos				X	

Notas: *1 A extensão e tipo de liberações para cada um desses processos, equipamento ou atividade dependem do grau de controles usados, métodos de tratamento de resíduos, práticas de manejo e outros fatores.

X – Via de liberação que se espera seja potencialmente significativa.

x – Outras vias de liberação a serem consideradas em função da situação nacional e da fonte específica.

5.4.1.3 Análise das entradas de mercúrio

Tabela 5-105 Visão geral dos dados de taxas de atividades e tipos de fatores de entrada de mercúrio necessários para estimar as liberações advindas da produção de cloro-álcali com tecnologia de mercúrio

Dados de taxa de atividade necessários	Fator de entrada de mercúrio
Quantidade de cloro (ou NaOH) produzida por ano (por exemplo, toneladas Cl_2)	Quantidade de entrada de mercúrio por unidade produzida de cloro (ou NaOH)(g Hg por tonelada Cl_2)

733. Grandes quantidades de mercúrio são usadas como insumo nessa indústria. Por exemplo, o consumo anual nos EUA em 1996 foi de cerca de 136 toneladas de mercúrio em 14 fábricas. O consumo global (entrada) de mercúrio nesse setor foi estimado em 1.244 toneladas em 1996 (SZNOPEK AND GOONAN, 2000, citado em UNEP, 2002). Geralmente muitas toneladas de mercúrio são usadas continuamente nessas fábricas. Durante 2002, 39 fábricas na Europa Ocidental informaram à OSPAR consumos de mercúrio de 109 toneladas. Nove fábricas nos EUA informaram consumo de 30 toneladas no mesmo ano. Mas essas fábricas têm implementado programas de manejo de mercúrio por muitos anos. É possível que fábricas em alguns outros países pudessem ter um consumo mais alto, adaptado à sua capacidade (ANSCOMBE, 2004).

734. As fábricas de cloro-álcali variam significativamente na quantidade de entrada de mercúrio usada por unidade de produto (gás cloro ou Cl_2). Essa entrada é geralmente expressa em unidades como gramas de mercúrio por tonelada de Cl_2, (g Hg/tonelada Cl_2), ou gramas de mercúrio por tonelada de cáustica (g Hg/tonelada cáustica); para converter entre uma base de Cl_2 e uma base

de cáustica, o seguinte fator pode ser usado: Hg usado por tonelada produzida de cáustica = [g Hg/tonelada NaOH] = [g Hg/tonelada Cl_2/1,128] **(**com base em European Commission, 2001b, pág.7).Essa entrada de mercúrio é necessária para repor a quantidade de mercúrio "perdida" por unidade de Cl_2produzida. Portanto, essa entrada também pode ser considerada como gramas de Hg perdido por Cl_2 produzido. As fábricas com melhor desempenho, com tecnologia de produção de ponta e práticas laborais de padrão internacional, no princípio dos anos 2000 usaram cerca de 6 gramas de mercúrio elementar de entrada por tonelada de cloro produzida (6 g Hg/tonelada Cl_2).

735. As fábricas que usam tecnologias de produção e práticas laborais menos eficazes irão consumir mais mercúrio por tonelada de cloro produzida. Por exemplo, fábricas na Índia usaram uma média de cerca de 125 g Hg/toneladaCl_2 em 1999 (SRIVASTAVA, 2003). Ao longo de 2002, esse número teria sido reduzido para cerca de 80 g Hg/tonelada Cl_2, uma taxa de consumo semelhante às fábricas dos EUA durante a década de 1990, antes de terem empreendido mais ações de manejo de mercúrio (que têm resultado em uma redução do consumo de mercúrio de mais de 70%, cerca de 22 g Hg/tonelada Cl_2, em 2002). Para outra perspectiva, duas fábricas na Rússia relataram consumo de 250 e 580 gramas de mercúrio por tonelada de produto de saída (TREGER E LASSEN et al., 2004), uma taxa de consumo não muito diferente de fábricas na Europa Ocidental e nos EUA antes de 1970 (ANSCOMBE, 2004). Não foram identificados dados atualizados para as fábricas russas.

736. Em 1990, a entrada média para as fábricas dos EUA era de aproximadamente 75 g Hg/tonelada Cl_2. Entretanto, depois de uma década de esforços substanciais para reduzir as liberações (especialmente focados em práticas laborais para controlar as emissões fugitivas), as fábricas dos EUA usaram uma média de 18 g Hg/tonelada Cl_2 no começo da década de 2000.

737. A taxa de atividade (ou quantidade de cloro produzida por ano) também varia de fábrica para fábrica. Por exemplo, nos EUA, em 1997, das 12 fábricas existentes, a maior taxa de atividade era de 234.056 toneladas de cloro por ano, e a menor, de 43.110 toneladas de cloro por ano, com uma média de 121.615 toneladas por ano.

738. Nas suas estimativas de emissões, UNEP/AMAP (2012) utilizou os chamados fatores genéricos de emissão inalterados, que correspondiam à capacidade de produção com fatores totais de entrada de 50–100 g Hg/tonelada Cl_2, salvo para alguns países que tinham fatores específicos informados.

739. De acordo com Toxics Link (2012), ao citar a Associação de Fabricantes de Álcali da Índia, as outras duas fábricas que usam tecnologia de célula de mercúrio (de um total de 36 fábricas) têm um consumo de mercúrio (presumivelmente incluindo todas as compras de Hg) de 1,54 tonelada por ano para a produção de aproximadamente 160 toneladas por ano de cáustica, em outras palavras, cerca de 10 g Hg/tonelada produzida de cáustica(ou 11g Hg/tonelada produzida de Cl_2, usando o fator de conversão mencionado anteriormente).

5.4.1.4 Exemplos de mercúrio em liberações e resíduos/rejeitos

740. Como mencionado acima, a quantidade de mercúrio liberado para cada via depende do tipo de tecnologia presente, extensão das práticas de gestão para limitar e prevenir as liberações, bem como outros fatores. Os resultados mais significativos para o mercúrio consumido podem ser as acumulações nas fábricas, resíduos sólidos e emissões atmosféricas, todos difíceis de se quantificar. Em algumas fábricas, o mercúrio poderia sofrer perdas significativas na água e produtos, com base na experiência nos EUA e na Europa Ocidental antes de 1970 (ANSCOMBE, 2004).

741. Dados sobre saídas de mercúrio nas fábricas de cloro-álcali na França indicam que 3-14% da entrada de mercúrio é liberada para o ar, 16-90% é liberada em resíduos sólidos (ou outros tipos de resíduos semissólidos, como lodos), 10=70% das perdas são consideradas perdas internas (liberações não contabilizadas em outras vias de liberação) e menos de 2% são liberados nas restantes três vias (água, solo e produtos) (OSPAR, 2002).

742. Com base nos dados informados no US EPA Toxics Release Inventory (TRI) para o ano de 2001, (que aparentemente não inclui perdas internas), cerca de 26-67% das liberações quantificadas informadas foram para o ar, cerca de 32-73% em resíduos e menos de 2% para a água e o solo (US EPA, 2003d). Se as perdas internas fossem incluídas, esses percentuais seriam um pouco menores. Mas os dados do TRI fornecem informações úteis sobre a dimensão relativa das liberações nesses meios.

743. As estimativas de emissões atmosféricas foram desenvolvidas nos EUA com base em dados de testes em chaminés para fluxos de hidrogênio e nas ventilações das caixas de conexão em 10 fábricas. Os valores variaram de 0,067 grama de mercúrio por tonelada produzida de cloro (0,067 g Hg/tonelada Cl_2) até 3,41 g Hg/tonelada Cl_2. A média das cinco fábricas com melhor desempenho foi de 0,14 g Hg/tonelada Cl_2. Ademais, havia 2 fábricas no EUA que não tinham sistemas de ventilação na caixa de conexão. Para essas 2 fábricas, testes foram realizados apenas no fluxo de hidrogênio. Os dois valores foram 0,033 g Hg/tonelada Cl_2 e 0,17 g Hg/tonelada Cl_2, com uma média de 0,1 g Hg/tonelada Cl_2. US EPA tem fatores de emissões para as ventilações de hidrogênio das células de mercúrio e para as caixas de conexão. Esses fatores podem ser úteis para estimar as emissões de algumas fontes, entretanto, esses fatores se baseiam em testes de apenas duas fábricas, realizados em 1973, e têm, portanto, limitações significativas (mais detalhes em US EPA, 1997a). Estudos posteriores nos EUA indicam que as liberações medidas de mercúrio para a atmosfera não dependem muito de onde foram tomadas as amostras de ar na sala das células.

744. Os fatores de emissão relativamente baixos informados nos últimos anos (como aqueles da UE e dos EUA) não são considerados aplicáveis em geral (numa perspectiva global/regional) porque as fábricas em alguns outros países/regiões liberam mais mercúrio por tonelada produzida de cloro (ou por toneladas produzidas de hidróxido de sódio) que as fábricas típicas nos EUA e UE (UNEP, 2002).

745. Treger informa em (LASSEN et al., 2004) os balanços de mercúrio para as quatro fábricas restantes de cloro-álcali com células de mercúrio na Rússia em 2002, veja a Tabela 5-106.

Tabela 5-106 Balanços de mercúrio para as fábricas de cloro-álcali com células de mercúrio na Federação Russa em 2002 (Treger em Lassen et al., 2004)

Fábrica	Consumo de mercúrio, g/tonelada com capacidade Cl	Mercúrio comprado, toneladas*1	Emissões para a atmosfera, toneladas	Descarregadas para corpos d'água, toneladas	Quantidades não contabilizadas, toneladas	Destinadas em aterros sanitários, toneladas	Perdas com produtos de commodities, toneladas
1	251	15,1	0,15	0,0001	0,015	14,9	0,03
2	52	7,3	0,39	0,0008*	4,5	1,4	0,08
3	42	10,0	0,44	0,0001	4,2	0,007	0,02
4	582	70,8	0,24	Sem dados	47,6	22,9	0,08
Total	-	103,2	1,22	>0,001	56,3	39,3	0,22

Notas: * Para sistemas hídricos (lagoas-evaporadores);

*1 Quantidades de mercúrio compradas poderão diferir do consumo no mesmo ano devido a mudanças internas nos estoques de mercúrio.

746. Na Tabela 5-107 os mesmos dados da Rússia são convertidos para distribuição relativa de saídas.

Tabela 5-107 Fábricas russas de cloro-álcali em 2002, saídas totais e distribuição das saídas em frações dos totais informados (com base em Treger em Lassen et al., 2004)

Fábrica	Soma das saídas + quantiadades não contabilizadas, toneladas Hg	Para o ar, fração	Para a água, fração	Para produtos, fração	Para aterros, fração	Quantidades não contabilizadas, fração
1	15	0,01	0,000007	0,002	0,99	0,001
2	6	0,06	0,00010	0,01	0,22	0,71
3	5	0,09	0,00002	0,004	0,001	0,90
4	71	0,003	Sem dados	0,001	0,32	0,67
Total	97	0,013	0,00001	0,002	0,40	0,58

747. Dados sobre as fábricas com células de mercúrio que foram fechadas na Rússia nas décadas de 80 e 90 indicam que a quantidade de mercúrio no solo das instalações pode ser significativa (TREGER em LASSEN et al., 2004). Vazamentos, perdas no manuseio bem como resíduos de mercúrio armazenados *in loco* podem ter sido fontes deste mercúrio.

748. Despoluição de áreas de fábricas de cloro-álcali nos EUA que foram fechadas ou que continuam a operar pode causar desafios significativos, incluindo a geração de contaminação de mercúrio em águas subterrâneas,águas de superfície, solos e sedimentos, detritos e estoques de mercúrio elementar (veja http://www.epa.gov/epaoswer/hazwaste/mercury/cleanup.htm ; SOUTHWORTH et al.(2004); KINSEY et al.(2004); todos citados nos comentários em NRDC, 2005).

749. Perdas globais de mercúrio. Não obstante em sistemas de recuperação de mercúrio e bons controles de emissões ainda se perde mercúrio. É preciso adicionar mercúrio periodicamente ao processo para repor essas perdas. Liberações informadas para o ar, água, resíduos e produtos muitas vezes não correspondem à entrada total do processo de célula de mercúrio e às vezes um saldo "não contabilizado" é informado para refletir essa situação. Algumas saídas de mercúrio são relativamente favoráveis para medição (descarga de água, produtos, emissões no ar da chaminé). Outras estimativas de saídas de mercúrio não são tão facilmente medidas ou quantificáveis (a massa de mercúrio que adere aos destroços metálicos, contidos nos resíduos sólidos, emissões atmosféricas fugitivas e no acúmulo de mercúrio na fábrica). Por causa das incertezas relativas à medição de algumas saídas, uma possibilidade para avaliar o desempenho geral de uma fábrica é pela métrica de desempenho de consumo de mercúrio por tonelada de produto produzido. Esta é uma medida holística que abrange todas as formas em que o mercúrio possa ser consumido durante o processo de produção. É relativamente confiável, baseado nos simples dados econômicos de reposição do mercúrio para compensar o mercúrio consumido durante a produção. A ligação do consumo de mercúrio à tonelada de saída permite a comparação direta entre fábricas dentro de um país e em vários países, desde que ajustadas as diferenças para o tamanho da fábrica (ANSCOMBE, 2004). Em alguns casos onde tal avaliação de alta qualidade não é possível, indicações de emissões fugitivas, por exemplo, podem ser obtidas por meio de medições feitas com monitores portáteis de mercúrio.

5.4.1.5 Fatores de entrada e fatores de distribuição de saídas

750. Com base nas informações compiladas anteriormente sobre as entradas e saídas e dos principais fatores que determinam as liberações, os seguintes fatores-padrão preliminares de entrada e distribuição são sugeridos para uso naqueles casos em que não existam dados específicos da fonte. Deve ser ressaltado que os fatores-padrão sugeridos no presente Toolkit baseiam-se

num banco de dados limitado, e, como tal, devem ser considerados preliminares e sujeitos a revisões à medida que cresça o banco de dados. Além disso os fatores-padrão apresentados são julgamentos de especialistas com base apenas em dados resumidos.

751. O principal motivo de usarem-se os fatores-padrão é obter uma primeira impressão para saber se a subcategoria é uma fonte significativa de liberação de mercúrio no país. Em princípio, as estimativas de liberação teriam que ser mais aprimoradas (após o cálculo com fatores-padrão) antes de qualquer ação de largo alcance fosse empreendida com base nestas estimativas.

a) Fatores-padrão de entrada de mercúrio

752. Os fatores de entrada apropriados para calcular as liberações dependerão dos dispositivos de controle presentes, das técnicas de prevenção de poluição e práticas de gestão específicas usadas. Dados e informações específicos do local são preferidos. Todas as informações relevantes disponíveis para a fábrica sendo avaliada deverão ser usadas para determinar os fatores de entrada mais adequados.

753. Se não houver informações disponíveis sobre o consumo de mercúrio por capacidade de produção, uma primeira estimativa poderá ser realizada usando os fatores de entrada-padrão selecionados na **Tabela 5-108** a seguir(com base nos conjuntos de dados apresentados nesta seção). Como os fatores de consumo variam muito, recomenda-se calcular e informar intervalos para as entradas de mercúrio nesta categoria de fonte. O limite inferior dos fatores-padrão foi estabelecido para indicar uma estimativa baixa para a entrada de mercúrio para a categoria de fonte (mas não o mínimo absoluto), e o limite superior resultará numa estimativa elevada (mas não o máximo absoluto). A estimativa intermediária é usada nos cálculos-padrão no Inventário Nível 1 do Toolkit. Se intervalos não forem usados, recomenda-se o emprego do valor máximo para indicar a possível importância da categoria de fonte para outras investigações. O uso do limite superior não implica automaticamente que as verdadeiras liberações sejam tão altas assim, apenas que deverá ser objeto de mais investigações.

Tabela 5-108 Fatores-padrão de entrada preliminares para estimar as liberações da produção de cloro-álcali

Processo	Fatores-padrão de entrada; g Hg por tonelada produzida de cloro; inferior–superior (intermediário) *1
Produção de cloro-álcali com tecnologia de mercúrio	10-200 (100)

Notas: 1* A entrada de mercúrio também pode ser expressa em gramas por tonelada de soda cáustica (g Hg/tonelada soda cáustica); para conversão entre uma base de Cl_2 e uma base cáustica, o seguinte fator pode ser usado: Hg usado por tonelada produzida de cáustica = [g Hg/tonelada NaOH] = [g Hg/tonelada Cl_2/1,128] (com base em European Commission, 2001b, pág.7).

b) Fatores-padrão de distribuição de saídas de mercúrio

754. Os fatores de distribuição apropriados para calcular as liberações dependerão dos dispositivos de controle presentes, das técnicas de prevenção de poluição e práticas de gestão específicas usadas. Dados e informações específicos do local são preferidos. Todas as informações relevantes disponíveis para a fábrica sendo avaliada deverão ser usadas para determinar os fatores de distribuição mais adequados. Deve-se ressaltar que as quantias de mercúrio "não contabilizadas"são muitas vezes consideráveis e podem, em alguns casos, de fato serem liberações que não foram quantificadas de outra forma. A questão sobre se essas quantidades sejam realmente recicladas ou liberadas num local específico é de suma importância no inventário. Por esse motivo, dois cenários opcionais de saída serão apresentados. No cenário superior, o mercúrio não contabilizado será informado junto com a saída de mercúrio reciclado

ou tratado. No cenário inferior, as quantidades não contabilizadas de mercúrio são incluídas como se fossem liberadas pelas vias de saída mencionadas. Devido à incerteza e condições variáveis de produção, esse cenário de saída foi elaborado como uma escolha opcional para a apresentação de saídas potenciais de mercúrio. A principal finalidade do cenário é indicar possíveis liberações e não pretende ser de nenhuma forma preciso. Cabe à equipe de elaboração do inventário decidir qual apresentação usar.

755. Se dados e outras informações significativas não estiverem disponíveis para estimar a distribuição das liberações da fábrica para os diversos meios receptores, então se sugere o uso dos fatores-padrão de distribuição a seguir para estimar as liberações para os diversos meios; nesse caso, deve ser acrescentada uma observação no inventário de que as liberações reais podem ser bem mais elevadas.

Tabela 5-109 Fatores-padrão *preliminares* de distribuição de saídas para o mercúrio das fábricas de produção de cloro-álcali com células de mercúrio

Fase do ciclo de vida	Fatores-padrão de distribuição de saídas, parcela da entrada de Hg					
	Ar	Água	Solo *1	Produtos	Resíduos em geral	Destinação/ tratamento específico do setor/não contabilizado
Produção de cloro e NaOH/KOH com o processo de mercúrio *2	0,1	0,01	0,01	0,01	?	0,87
Produção de Cl/NaOH/KOH com célula de mercúrio – se não contabilizada, considerada liberada *3	0,2	0,02	0,38	0,1	?	0,3

Notas: *1 As liberações no solo podem ser significativas e parte do mercúrio não contabilizado provavelmente pode ter sido liberado no solo sob a instalação de célula de mercúrio. Como essas liberações não são geralmente quantificadas, devem, no entanto, ser representadas aqui como não contabilizadas.

*2 Saídas de mercúrio específicas do setor podem ser reciclagem ou descarte in loco ou fora do local. O armazenamento ou despejo in loco ou fora do local deve ser considerado liberação direta no solo. Nesse cenário, as quantidades de mercúrio "não contabilizadas" também são designadas aqui como "destinação/tratamento específico do setor/não contabilizado" para permitir compatibilidade com outras categorias de fontes nas informações dos resultados do inventário; deve-se ressaltar que as quantidades de mercúrio "não contabilizadas" são muitas vezes consideráveis e podem, de fato, ser liberações que não foram quantificadas em outros itens. A questão sobre se essas quantidades sejam realmente recicladas ou liberadas é, portanto, de suma importância no inventário.

*3 Nesse cenário, as quantidades de mercúrio não contabilizadas são apresentadas como se tivessem sido liberadas por meio das vias de saídas mencionadas. Devido à incerteza e às condições variáveis de produção, esse cenário de saída foi elaborado como uma escolha opcional para a apresentação de saídas potenciais de mercúrio. A principal finalidade do cenário é indicar possíveis liberações e não pretende ser de nenhuma forma preciso. Cabe à equipe de elaboração do inventário decidir qual apresentação usar.

c) Links para outras estimativas de fontes de mercúrio

756. Nenhum link sugerido.

5.4.1.6 Principais dados específicos da fonte

757. Os dados específicos da fonte mais importantes nesse caso seriam:

- dados reais sobre a quantidade de mercúrio utilizado por ano nas instalações. Estes podem ser obtidos pelos registros de quanto mercúrio foi adquirido e/ou alimentado a processos no ano;
- dados sobre a quantidade de cloro e/ou soda cáustica produzida por ano na fábrica (toneladas Cl2 por ano);
- informações sobre os tipos de equipamento de controle usados e a extensão das práticas de prevenção da poluição;

- dados medidos sobre equipamento de redução de emissões utilizado nas fontes (ou fontes semelhantes com equipamento e condições de operação semelhantes); e
- dados reais de testes da chaminé de emissões, medidas em g do mercúrio liberado por tonelada de cloro produzida para diversos pontos de liberação (fluxo de hidrogênio, ventilação da caixa de conexão, ventilação da sala das células, etc.).

758. Veja também orientação sobre coleta de dados na Seção 4.4.5.

5.4.1.7 Resumo da abordagem geral de cálculo das liberações

759. Os fatores de entrada descritos anteriormente, juntamente com os fatores de distribuição, podem ser usados para estimar as liberações de mercúrio para cada um dos meios receptores (ar, água, solo, resíduos, produtos e destinação/tratamento específico do setor/não contabilizado) e liberações totais. Por exemplo, as liberações totais médias estimadas (para todos os meios/vias) de uma fábrica nos EUA podem ser estimadas multiplicando a taxa média de atividade (ou seja, 121.615 toneladas Cl_2) pelo fator inferior de entrada (25 g Hg/tonelada Cl_2). Isso resulta numa estimativa média do total de liberações de mercúrio de 3 toneladas de Hg por ano para as liberações "inferiores" para todas as vias (inclusive as perdas não contabilizadas). Entretanto, estimar liberações totais precisas para fábricas individuais nos EUA e em outros países requer conhecimento sobre a taxa de atividade para as instalações específicas e, mais importante ainda, um fator de entrada representativo (em g Hg por tonelada produzida de Cl). Ademais, estimar as liberações para cada meio é um desafio adicional devido à variabilidade e incerteza sobre a distribuição das liberações entre as diversas vias possíveis (ar, resíduos específicos do setor, água, solo, produtos e perdas internas).

760. Quando os dados de liberação de mercúrio e/ou estimativas estiverem disponíveis, são frequentemente informadas em g Hg/tonelada Cl_2. Posteriormente, para estimar as liberações anuais de mercúrio (para toda a fábrica), o g Hg/tonelada Cl_2 é multiplicado pelas toneladas totais de cloro produzidas ao ano, de acordo com a seguinte equação:

g Hg/tonelada Cl2 * tonelada Cl2/ano = g mercúrio liberados por ano

em seguida, os fatores de distribuição de saída poderiam ser usados para estimar as liberações para cada meio.

5.4.2 PRODUÇÃO DE VCM (MONÔMERO DE CLORETO DE VINILA) COM CATALISADOR DE CLORETO DE MERCÚRIO (HGCL2)

5.4.2.1 Descrição da subcategoria

761. Dois processos são utilizados para a fabricação de cloreto de vinila: o processo de acetileno usa o cloreto de mercúrio sobre pelotas de carbono como catalisador; e o outro é baseado na oxicloração do etileno (sem uso de mercúrio). Uma instalação nos EUA utilizou o processo de cloreto de mercúrio em 1997 (US EPA, 1997a), e em todo o mundo cerca de 100 fábricas estão usando essa tecnologia (CHEMICAL AND ENGINEERING NEWS, 2010). O número tem aumentado recentemente na China, por exemplo, onde a disponibilidade de carvão como matéria-prima favorece o uso dessa tecnologia. E o consumo de mercúrio para essa aplicação é considerado substancial. Entretanto, a China já estabeleceu uma estratégia de redução de liberações de mercúrio desse setor. Não foram encontradas informações sobre medidas específicas de controle para as emissões de mercúrio provenientes da produção de cloreto de vinila; a maioria do mercúrio presume-se que seja depositada com catalisadores exauridos de mercúrio.

762. Na Federação Russa, quatro empresas usam o cloreto de mercúrio. As entradas e saídas totais estão apresentadas a seguir.

5.4.2.2 Principais fatores que determinam as liberações de mercúrio e saídas de mercúrio

Tabela 5-110 Principais liberações e meios receptores da produção de VCM com catalisador de cloreto de mercúrio

Fase do ciclo de vida	Ar	Água	Solo	Produtos	Resíduos em geral	Destinação/ tratamento específico do setor
Produção de VCM	x	x				X

Notas: X – Via de liberação que se espera seja predominante na subcategoria.
x – Outras vias de liberação a serem consideradas em função da situação nacional e da fonte específica.

5.4.2.3 Análise de entradas e liberações de mercúrio

Tabela 5-111 Visão geral dos dados de taxas de atividades e tipos de fatores de entrada de mercúrio necessários para estimar as liberações advindas da produção de VCM com catalisador de cloreto de mercúrio

Dados de taxa de atividade necessários	Fator de entrada de mercúrio
Produção anual de VCM	Consumo de mercúrio (no catalisador) por unidade de VCMproduzida.

763. Lassen et al. (2004) estimou o balanço de massa total da produção de VCM com catalisadores de mercúrio em 2002 na Federação Russa. Um resumo dos dados se encontra na Tabela 5-112.

Tabela 5-112 Balanço de massa estimado da produção de VCMcom catalisadores de mercúrio em 2002 na Federação Russa (Lassen et al., 2004)

Entradas	
Consumo anual de Hg com catalisador, toneladas/ano	16
Produção anual de VCM, toneladas/ano	130.000
Entrada calculada de g Hg por tonelada de VCM produzida, média, arredondada	100-140
Distribuição de saídas	Parcela
Catalisador exaurido para reciclagem externa	0,62
Ácido HCl de baixo grau comercializado	0,37
Liberações diretas no ar	0,003
Liberações diretas em águas residuais	0,003

764. Uma decisão da Convenção OSPAR em 1985 (Decisão 85/1) definiu patamares recomendados para as liberações no ambiente aquático advindas da produção de VCM com catalisadores de mercúrio em 0,05 mg Hg/l efluente e 0,1 g Hg/tonelada de capacidade de produção de VCM. Esses valores talvez possam indicar a ordem de grandeza das liberações de mercúrio na água deste setor em 1985 na situação da Europa Ocidental e correspondem ao nível de 2002 apresentado para a produção russa de VCM acima.

5.4.2.4 Fatores de entrada e fatores de distribuição de saídas

765. Com base nas informações apresentadas acima da Rússia sobre as entradas e saídas, os seguintes fatores-padrão preliminares de entrada e distribuição são sugeridos para uso naqueles casos em que não existam dados específicos da fonte. Ressalta-se que esses fatores-padrão têm por base um banco de dados limitado, e, como tal, devem ser considerados preliminares e sujeitos a revisões.

766. O principal motivo de usarem-se os fatores-padrão é obter uma primeira impressão para saber se a subcategoria é uma fonte significativa de liberação de mercúrio no país. Em princípio, as estimativas de liberação teriam que ser mais aprimoradas (após o cálculo com fatores-padrão) antes que qualquer ação de largo alcance fosse empreendida com base nestas estimativas.

a) Fatores-padrão de entrada de mercúrio

767. Dados reais sobre o consumo de mercúrio com catalisador na produção de VCM nas instalações específicas levarão à melhor estimativa de liberações. Se não houver informações disponíveis sobre a concentração de mercúrio nos concentrados utilizados na fase de extração, uma primeira estimativa poderá ser realizada usando os fatores de entrada-padrão selecionados na Tabela 5-113 a seguir(com base no conjunto de dados russos apresentado nesta seção).

Tabela 5-113 Fatores-padrão de entrada preliminares para o mercúrio como catalisador na produção de VCM

Material	Fatores-padrão de entrada; g mercúrio usado por tonelada produzida de VCM;
Consumo de Hg em catalisador para a produção de VCM	100-140

b) Fatores-padrão de distribuição de saídas de mercúrio

Tabela 5-114 Fatores-padrão *preliminares* de distribuição de saídas sugeridos para a produção de VCM com catalisador de mercúrio *1

Fase do ciclo de vida	Ar	Água	Solo *4	Produtos *3	Resíduos em geral	Destinação/ tratamento específico do setor *2
Parcela da entrada total de mercúrio para a produção de VCM	0,02	0,02	?	0,36		0,60

Notas: *1 Com base em dados nacionais somente para a Federação Russa; poderá ser associado a incertezas substanciais.
*2 Na Rússia, isso se refere à reciclagem externa do catalisador.
*3 Na forma de ácido HCl de baixo grau técnico comercializado para fins restritos.
*4 Liberações no solo do armazenamento e manuseio *in loco* não devem ser descartadas.

c) Links para outras estimativas de fontes de mercúrio

768. Nenhum link sugerido.

5.4.2.5 Principais dados específicos da fonte

769. Os dados específicos da fonte mais importantes nesse caso seriam:

- consumo anual de catalisador com mercúrio e a concentração de mercúrio no catalisador; e
- dados medidos da distribuição para todas as vias de saídas, de preferência com base numa abordagem de balanço de massa.

5.4.3 PRODUÇÃO DE ACETALDEÍDO COM USO DE SULFATO DE MERCÚRIO (HGSO4) COMO CATALISADOR

5.4.3.1 Descrição da subcategoria

770. É possível usar o sulfato de mercúrio na produção de acetaldeído, embora existam processos alternativos livres de mercúrio. No começo do século XX, o mercúrio era usado para a produção de acetaldeído nos EUA e em outros países. Este processo não é mais usado nos EUA e provavelmente não será usado por muito mais tempo em outros países. No entanto, não foram ainda obtidas informações (durante a elaboração deste relatório) em relação ao uso de mercúrio para a produção de acetaldeído em outros países.

771. A oxidação da fase líquida do etileno por meio de uma solução catalisadora de paládio e cloretos de cobre foi usada comercialmente pela primeira vez nos EUA em 1960 e mais de 80% da produção mundial de acetaldeído em anos recentes foram realizados com esse processo. Os outros são produzidos pela oxidação do etanol e da hidratação do acetileno. O acetaldeído é produzido por um número limitado de empresas em todo o mundo. A produção total de acetaldeído nos EUA em 1982 foi de 281 mil toneladas. A produção total de acetaldeído na Europa Ocidental em 1982 foi de 706 mil toneladas e a capacidade de produção foi estimada em quase 1 milhão de toneladas. No Japão, a produção estimada em 1981 foi de 323 mil toneladas (HAGEMEYER, 1978; IARC, 1985, citado em WHO, 1995).

772. As liberações potenciais de mercúrio desse tipo de instalação foram bem ilustradas na famosa tragédia de poluição de mercúrio que ocorreu nos anos 50 e 60 na Baía de Minamata, no Japão. Ao longo de 20 anos, uma fábrica havia produzido acetaldeído, que é usado na manufatura de plásticos, drogas e perfume. Como parte de suas operações normais, a fábrica descartava resíduos, inclusive grandes quantidades de mercúrio na Baía de Minamata. Muitas pessoas morreram ou sofreram deficiências permanentes como resultado dessa poluição. Em 1968, a fábrica parou de usar mercúrio em seu processo de manufatura e de despejar resíduos na baía. Hoje a fábrica produz cristais líquidos, preservativos, fertilizantes e outros produtos químicos utilizando tecnologias ambientalmente seguras.

773. Outro incidente ocorreu no Cazaquistão, onde a liberação de mercúrio de uma fábrica de acetaldeído em Karaganda, na região central do Cazaquistão, resultou em uma séria contaminação da região circundante e, em particular, do rio Nura (referência: Management of Mercury Pollution of the River Nura, pesquisa na University of Southampton, United Kingdom, disponível em: http://www.soton.ac.uk/~env/research/pollution/).

774. Não havendo outros dados disponíveis, os fatores-padrão apresentados para a produção de MCV podem ser usados como um valor indicativo para etanol ou acetaldeído também. Esse uso de mercúrio está, no entanto, sendo encerrado em todo o mundo.

5.4.4 OUTRAS FORMAS DE PRODUÇÃO DE SUBSTÂNCIAS QUÍMICAS E POLÍMEROS COM USO DE COMPOSTOS DE MERCÚRIO COMO CATALISADORES

5.4.4.1 Descrição da subcategoria

775. O acetato de vinila pode ser produzido com sais de mercúrio como catalisador (referência: ATSDR, Toxicological Profile for vinyl acetate). Entretanto, acredita-se que o processo de mercúrio para essa aplicação não tenha sido usado nas últimas décadas.

776. Lassen et al. (2004) relatam que na Federação Russa o sulfato de mercúrio foi usado como catalisador na produção das cores (/pigmentos) do cubo (1-amino antraquinona), com um consumo anual de diversas toneladas de mercúrio com catalisador até o ano 2000.

5.4.4.2 Exemplos de mercúrio em liberações e resíduos/rejeitos

777. Uma decisão da Convenção OSPAR em 1985 (Decisão 85/1) definiu patamares recomendados para as liberações de mercúrio no ambiente aquático advindas de seletas atividades industriais que envolvam o manuseio do mercúrio. Os patamares estão resumidos na Tabela 5-115. Esses valores podem indicar a ordem de grandeza das liberações de mercúrio na água desses usos de mercúrio por volta de 1985 na situação da Europa Ocidental. Observe que a produção de VCM é descrita na Seção 5.4.2 acima; só é mencionada aqui para termos de comparação.

Tabela 5-115 Recomendações da OSPAR para valores limiares para as liberações aquáticas de mercúrio de determinadas produções químicas (www.ospar.org, 2004)

Atividade	Valores limiares para as liberações de mercúrio
Produção de VCM com catalisadores de Hg	0,05 mg Hg/l efluente; 0,1 g Hg/tonelada de capacidade de produção de VCM
Outras produções químicas usando catalisadores de Hg	0,05 mg Hg/l efluente; 5 g Hg/kg Hg usados
Produção de catalisadores de Hg para a síntese de VCM	0,05 mg Hg/l efluente; 0,7 g Hg/kg Hg processado
Manufatura de outros compostos orgânicos e inorgânicos de Hg	0,05 mg Hg/l efluente; 0,05 g Hg/kg Hg processado

5.5 Produtos de consumo com uso intencional de mercúrio

Tabela 5-116 Produtos de consumo com uso intencional de mercúrio: subcategorias com as principais vias de liberação de mercúrio e abordagem recomendada para o inventário

Capítulo	Subcategoria	Ar	Água	Solo	Produto	Rejeito/ resíduo	Principal abordagem para o inventário
5.5.1	Termômetros de mercúrio	X	X	X	X	X	AG
5.5.2	Interruptores elétricos e eletrônicos, contatos e relés com mercúrio	X	x	X	X	X	AG
5.5.3	Fontes de luz com mercúrio	X	x	X	X	X	AG
5.5.4	Pilhas e baterias com mercúrio	X	x	X	X	X	AG
5.5.5	Poliuretano com catalisador de mercúrio	X	x	x	X	X	AG
5.5.6	Biocidas e pesticidas	X	X	X	X	X	AG
5.5.7	Tintas	X	x	x	X	x	AG
5.5.8	Produtos farmacêuticos para uso humano e veterinário	X	x	x	x	X	AG
5.5.9	Cosméticos e produtos afins		X		X	x	AG

Notas: FP = abordagem por fonte pontual
AG = abordagem geral/nacional
X – Via de liberação que se espera que seja predominante na subcategoria.
x – Outras vias de liberação a serem consideradas em função da situação nacional e da fonte específica.

5.5.1 TERMÔMETROS DE MERCÚRIO

5.5.1.1 Descrição da subcategoria

778. Os termômetros de mercúrio têm sido tradicionalmente usados para medir faixas de temperatura em quase todos os tipos de meios. Atualmente, estão sendo cada vez mais substituídos por termômetros eletrônicos e de outros tipos, mas o grau dessa substituição provavelmente

varia entre países. Vários países europeus já proibiram o uso de termômetros e outros produtos que contêm mercúrio, como é o caso, por exemplo, de Suécia, Dinamarca, Holanda e França. Nos Estados Unidos registram-se esforços voluntários entre as indústrias e associações pertinentes para reduzir a quantidade de mercúrio nos termômetros, por meio de substitutos sem mercúrio. Vários estados norte-americanos proibiram o uso de termômetros de mercúrio para medir febre, e a maioria dos grandes varejistas suspendeu sua venda (UNEP, 2002).

779. Os principais usos restantes podem envolver termômetros médicos (para medir a temperatura corporal em hospitais, domicílios, etc.), termômetros de temperatura ambiente, termômetros usados em laboratórios químicos e nos controles de algumas máquinas (grandes motores diesel) e equipamentos industriais. Os termômetros de mercúrio podem conter entre 0,6 grama e várias centenas de gramas/unidade, dependendo do uso pretendido (CAGI, 2002 e US EPA, 1997a).

780. Na produção de termômetros de vidro, os tubos são geralmente preenchidos com mercúrio em um recinto isolado. Um processo típico de preenchimento de mercúrio é realizado dentro de uma redoma de vidro. Cada série de tubos é disposta de boca para baixo dentro de um recipiente colocado sob a redoma de vidro, que é baixada e selada. O mercúrio pode, então, circular no interior do recipiente, seja a partir de um sistema fechado de adição de mercúrio ou do preenchimento manual do reservatório. Um sistema de sucção é usado para aspirar o mercúrio para dentro dos tubos. Após o preenchimento, o recipiente de tubos é removido manualmente da redoma. O excesso de mercúrio no fundo do recipiente é purificado e transferido de volta para o sistema de adição de mercúrio ou o reservatório de enchimento. O documento de referência não identifica qualquer informação específica sobre a liberação de mercúrio nessa etapa; no entanto, uma quantidade de vapor de mercúrio pode, eventualmente, ser liberada na atmosfera durante esse processo. O excesso de mercúrio no tubo é extraído pelas extremidades abertas por aquecimento das extremidades distais dos tubos em um banho de água ou óleo quente. Os tubos são cortados a uma altura logo acima da coluna de mercúrio, e as extremidades dos tubos são seladas. Essas operações são executadas manualmente em várias estações de trabalho (REISDORF E D'ORLANDO, 1984 e US EPA, 1984, citado em US EPA, 1997a).

5.5.1.2 Principais fatores determinantes de liberações e saídas de mercúrio

Tabela 5-117 Principais liberações e meios receptores durante o ciclo de vida dos termômetros de mercúrio

Fase do ciclo de vida	Ar	Água	Solo	Produtos	Resíduo geral	Tratamento/ destinação específico por setor
Produção	X	X	x	X		x
Uso	X	X	x			
Destinação	X		X		X	x

Notas: X – Via de liberação que deverá predominar para a subcategoria.
x – Outras vias de liberação a serem consideradas, dependendo da fonte específica e da situação.

781. As liberações podem ocorrer:

1. A partir da produção de termômetros de mercúrio (no ar, na água e no solo), dependendo do grau de proteção dos sistemas de fabricação, bem como do tratamento e dos procedimentos de trabalho nas unidades de produção individuais;
2. Em caso de quebra ou perda de termômetros (no ar, na água, no solo) durante o uso; e
3. Durante a destinação dos termômetros após o uso (diretamente no solo ou em aterro sanitário e posteriormente na água e no ar), dependendo em grande medida dos tipos e da eficácia dos procedimentos de coleta e tratamento de resíduos.

782. Em alguns países, partes dos termômetros de mercúrio usados são coletadas para tratamento seguro e eventual reciclagem do mercúrio.

i) Produção

783. Segundo análise realizada por Barr (2001), nos EUA, parece que a parcela de entrada de mercúrio liberada durante a produção tende a ser muito pequena (BARR, 2001). As emissões de vapor a partir da purificação e transferência de mercúrio são normalmente controladas por procedimentos de contenção, ventilação local, redução de temperatura para diminuir a pressão de vapor, ventilação de diluição, ou isolamento da operação de outras áreas de trabalho. O diâmetro do tubo também pode ser modificado para reduzir o uso de mercúrio. A principal fonte de emissões de mercúrio na produção de termômetros pode estar na etapa de preenchimento (US EPA, 1997a).

784. No entanto, as emissões de mercúrio podem ocorrer a partir de diversas fontes durante a produção de termômetros. Muitos procedimentos usados na produção de termômetros são realizados manualmente e, como resultado, as emissões desses procedimentos são mais difíceis de controlar. As fontes potenciais mais significativas de emissões são: a purificação e transferência de mercúrio, o preenchimento com mercúrio e o processo de aquecimento (queima). Emissões adicionais podem ocorrer devido a derramamentos de mercúrio, quebra de termômetros e outros acidentes que venham a ocorrer durante o processo de produção.

ii) Uso

785. Como os termômetros são selados, as liberações de mercúrio não ocorrem durante seu uso, a não ser que o termômetro quebre ou rache. Os termômetros muitas vezes quebram durante o uso, tal como indicado pela percentagem de quebras estimada mais adiante neste capítulo. Essa quebra pode elevar os níveis de mercúrio no ar ambiente em residências, resultando em riscos para as populações vulneráveis como crianças pequenas (CARPI E CHEN, 2001). Quando um termômetro quebra, o mercúrio é liberado em vários meios, incluindo o ar (como vapor), o solo e águas residuais. Os termômetros quebrados podem ser depositados com outros resíduos sólidos, mas esse processo, aqui, é considerado destinação (ver abaixo). A magnitude das liberações em cada via depende dos procedimentos de limpeza adotados, dentre outros fatores.

iii) Destinação

786. Alguns termômetros contendo mercúrio podem ser reciclados e o mercúrio pode ser recuperado para uso futuro. No entanto, uma grande porcentagem é destinada com resíduos sólidos urbanos, resíduos de serviços de saúde, resíduos perigosos, ou possivelmente outros tipos de métodos de destinação de resíduos (incineração, aterros informais, águas residuais, etc.) (BARR, 2001). A extensão de cada um desses métodos de destinação provavelmente varia consideravelmente entre países. Em alguns países ocidentais, o volume coletado seletivamente e reciclado tem aumentado ao longo dos últimos anos.

5.5.1.3 Discussão de entradas de mercúrio

Tabela 5-118 Visão geral de dados de taxa de atividade e tipos de fator de entrada de mercúrio necessários para estimar liberações provenientes de termômetros de mercúrio.

Fase do ciclo de vida	Dados necessários da taxa de atividade	Fator de entradas de mercúrio
Produção	Consumo total de mercúrio para a produção de termômetro *1	Kg de mercúrio liberado por kg de mercúrio usado para a produção, ou por kg de mercúrio em termômetros produzidos
Uso	Número de termômetros de mercúrio consumidos por ano, por tipo e por setor	g de mercúrio por termômetro fornecido, por tipo e setor

Fase do ciclo de vida	Dados necessários da taxa de atividade	Fator de entradas de mercúrio
Destinação	Número de termômetros de mercúrio consumidos por ano, por tipo e por setor	g de mercúrio por termômetro fornecido, por tipo e setor

Notas: *1 Se não estiver disponível, a quantidade total de mercúrio poderá ser estimada com base em fatores-padrão para o mercúrio por cada tipo de termômetro.

i) Produção

787. Na maioria dos países, os termômetros são produzidos apenas por uns poucos fabricantes, se tanto. A quantidade de mercúrio usada para a produção, o número de termômetros produzidos e as liberações efetivas provenientes da produção de termômetros devem ser obtidas, de preferência e, se possível, diretamente dos fabricantes. As liberações resultantes da produção podem, em alguns casos, estar disponíveis em estatísticas ambientais nacionais.

788. Caso não seja possível obter informações específicas, o número de termômetros produzidos por ano pode estar disponível em estatísticas nacionais, e a quantidade de mercúrio usada para a produção pode ser estimada com base em fatores-padrão para o mercúrio, por termômetro. Caso haja informações específicas sobre o volume de produção, mas não estimativas de liberação, uma estimativa inicial pode ser obtida com base nos fatores-padrão de distribuição. Ver exemplos de teor de mercúrio por unidade e fatores de distribuição abaixo.

ii) Uso

789. As liberações de mercúrio decorrentes de quebra e perda durante o uso de termômetros podem ser estimadas a partir do consumo nacional de mercúrio com termômetros e a fração estimada de termômetros quebrados ou perdidos durante o uso. O número de termômetros de mercúrio em uso reflete o teor de mercúrio e o número de consumo de anos anteriores (vida útil variando de alguns a muitos anos, dependendo do tipo e do uso). Na ausência de dados históricos, os números de consumo atual, combinados com estimativas de especialistas sobre as tendências de fornecimento podem ser usados para uma primeira aproximação.

790. Os números de consumo de termômetros podem ser obtidos por contato direto com os principais fornecedores (incluindo fabricantes) ou a partir de estatísticas de comércio nacional. Preferencialmente, o consumo de termômetros deve ser dividido por setor: setor hospitalar, domicílios e indústria/laboratórios. Uma divisão por setor provavelmente será inviável com base apenas nas estatísticas de comércio nacional, uma vez que exige a obtenção de informações diretamente dos fornecedores.

iii) Destinação

791. O mercúrio que chega à etapa de destinação é o teor de mercúrio nos termômetros tal como estes são fornecidos, multiplicado pelos números de consumo nacional para os mesmos termômetros. Cabe observar que a destinação de mercúrio com os termômetros reflete o teor de mercúrio de anos anteriores (vida útil variando de alguns a muitos anos, dependendo do tipo e do uso). Isso é importante porque as concentrações de mercúrio em termômetros podem ter diminuído ao longo do tempo em vários países. Na ausência de dados históricos, números de consumo atual, combinados com estimativas de especialistas sobre as tendências de fornecimento podem ser usados para uma primeira aproximação. De preferência, o consumo de termômetros deve ser dividido por setor: setor hospitalar, domicílios e indústria/laboratórios, uma vez que os sistemas de destinação para os três setores são muitas vezes diferentes.

792. Exemplos de teor de mercúrio por tipo de termômetro são apresentados na Tabela 5-119. Atualmente, os termômetros médicos contêm 0,25-1,85 g de mercúrio por unidade, dependendo do tipo, do país e da região. Há uma tendência no sentido de usar quantidades menores de mercúrio

por termômetro, e os termômetros destinados podem conter mais mercúrio do que os novos. Em geral, os termômetros para a medição de temperatura ambiente contêm um pouco mais de mercúrio – entre 2 e 5 g. Um grande número de diferentes termômetros de vidro é usado em laboratórios, na indústria e para aplicações especiais, e o teor de mercúrio desses termômetros varia entre 0,3 e 48 g por unidade.

Tabela 5-119 Exemplos de teor de mercúrio em termômetros por tipo e região (g de mercúrio por unidade)

Tipo de termômetro	Teor de mercúrio (g de Hg/item)	País/região de origem dos dados	Observações
Termômetros médicos	0,5-1,5	União Europeia	Floyd et al., 2002
	2	França	AGHTM, 2000
	1,85	Rússia	Amin, 2004
	0,61	EUA	US EPA, 1992
	0,7	Canadá	Environment Canada, 2003a
	0,25	Dinamarca	Skårup et al., 2003
Termômetros de uso domésticos	0,5-2,25	União Europeia	Floyd et al., 2002
Termômetro de temperatura ambiente	2-5	Rússia	Yanin, 2004
	2,25	EUA	US EPA, 1992
	3	Canadá	Environment Canada, 2003a
Termômetros industriais e de uso especial	10	União Europeia	Floyd et al., 2002
	3,9-7,4	Rússia	Yanin, 2004
	5-200	Dinamarca	Maag et al., 1996; Controle de grandes motores diesel em navios, etc
Termômetros de laboratório	1,4-48	Rússia	Yanin, 2004
Termômetros para testes de produtos do petróleo	0,3-2,2	Rússia	Yanin, 2004

5.5.14 Exemplos de mercúrio em liberações e rejeitos/resíduos

i) Produção

793. Os dados sobre emissões de mercúrio na produção de termômetros nos EUA parecem ser muito limitados. Um relatório de 1973 da US EPA apresenta um fator de emissão atmosférica para a fabricação geral de instrumentos de 9 kg de mercúrio emitidos na atmosfera para cada tonelada de mercúrio usada (9 kg perdidos/tonelada de entradas). Esse fator de emissão deve ser usado com extrema precaução, no entanto, uma vez que se baseia em respostas de pesquisas realizadas na década de 1960 e não em dados de testes reais, e o fator de emissões pode não ser aplicável à produção de termômetros. Além disso, a produção de instrumentos e os métodos de controle de mercúrio usados nesse processo provavelmente mudaram consideravelmente desde a época das pesquisas (US EPA, 1997a).

794. A Unilever informa que durante um período de operação de mais de 18 anos de sua fábrica de termômetros na Índia, menos de 1% (10 kg/tonelada de entrada de mercúrio, com base nas hipóteses mais pessimistas) foi liberado na atmosfera, principalmente por vaporização (UNILEVER, 2003).

795. Há poucos dados sobre outras liberações provenientes de produção. A Toxics Link (2003) informa uma taxa de quebra de 30-40% durante a produção de instrumentos em instalações da Índia, embora parte disso seja recuperada pelos fabricantes. As liberações podem ocorrer devido a derramamentos de mercúrio, termômetros quebrados e outros acidentes que venham a ocorrer

durante o processo de produção. Essas liberações podem muitas vezes não ser contabilizadas e só podem ser estimadas a partir de balanços de massa detalhados para a produção de termômetros.

ii) Uso e destinação

796. As rotas de destinação serão diferentes para termômetros usados em hospitais, domicílios e laboratórios/indústria.

797. Em geral, os termômetros de mercúrio são destinados devido a mau funcionamento (imprecisão no registro da temperatura) ou quebra. Em alguns países, como, por exemplo, nos EUA e na Suécia, alguns termômetros podem ser destinados por meio de programas de troca de termômetros, em que termômetros de mercúrio são trocados por termômetros eletrônicos. A taxa de quebra informada em diferentes estudos é muito variável e depende do uso real dos termômetros, com as taxas mais altas registradas para termômetros médicos em uso doméstico.

798. Um relatório da US EPA de 1992 (US EPA, 1992) pressupõe uma taxa de quebra de 5%, com base em uma pesquisa telefônica realizada em 1990 pelos fabricantes de termômetros dos EUA.

799. Barr (2001), ao contrário, pressupõe que 50% dos termômetros nos EUA são quebrados pelo consumidor, uma vez que a única razão para descartar um termômetro é que ele esteja quebrado. Dos 50% dos termômetros quebrados, Barr pressupõe que 20% do mercúrio acabam em águas residuais, depois que as pessoas limpam o mercúrio derramado lavando a área, e 10% são perdidos para a atmosfera por volatilização. O mercúrio restante é distribuído entre resíduos sólidos urbanos, resíduos infecciosos e reciclagem. Essas porcentagens são estimativas aproximadas de Barr, com base em dados muito limitados (BARR, 2001). Como o uso de termômetros para febre é muito comum em ambientes hospitalares, a destinação como resíduos infecciosos é incluída como uma via potencial para termômetros, juntamente com quebras, destinação de resíduos sólidos urbanos, reciclagem e águas residuais (BARR, 2001). Barr (2001) estima que 88% dos termômetros para febre que não foram quebrados durante o uso em Minnesota, em 1996, foram destinados com resíduos sólidos municipais, enquanto 12% foram coletados para reciclagem.

800. Skårup et al. (2003) não informam taxas de quebra, mas estima-se que cerca de 1/3 do mercúrio nos termômetros médicos de uso doméstico é liberado para águas residuais durante a limpeza dos derramamentos de termômetros quebrados. Consideram que a parte restante é mais ou menos distribuída igualmente entre destinação como resíduos sólidos urbanos e resíduos perigosos na Dinamarca.

Estima-se que 90% do mercúrio em termômetros usados pela indústria/laboratórios são destinados com resíduos perigosos (para reciclagem), ao passo que 5% são destinados com resíduos sólidos urbanos e águas residuais, respectivamente. Na Dinamarca, a informação é de que o mercúrio dos termômetros usados no setor hospitalar é destinado principalmente como resíduos químicos, independentemente de os termômetros estarem ou não quebrados. (SKÅRUP et al., 2003).

801. Floyd et al. (2002) presumem que 5% dos equipamentos de medição e controle que contêm mercúrio na União Europeia, quebram antes de completar seu ciclo de vida útil. A taxa de quebra aplica-se a todos os equipamentos e a taxa para termômetros médicos de uso doméstico pode ser significativamente maior. Estima-se que 10% do mercúrio nos equipamentos quebrados são emitidos para a atmosfera, 20% vão para o esgoto, 20% são coletados para recuperação e 50% são destinados com resíduos em geral. Para o mercúrio em todos os equipamentos de medição e controle na União Europeia, Floyd et al. (2002) estimam que 15% são coletados para recuperação, 80% são destinados como resíduos sólidos e 5% quebram durante o uso.

802. Na França, cerca de 90% do consumo de termômetros de mercúrio é atribuído ao setor hospitalar (AGHTM, 2000). A vida média dos termômetros é estimada em, no máximo, 1 a 2 meses em hospitais, e os relatos indicam que os termômetros quebram com muita frequência.

Os autores presumem que 100% dos termômetros quebram, e a possibilidade de recuperar o mercúrio é muito baixa uma vez que a quebra ocorre em locais de difícil acesso. O mercúrio é, portanto, em grande parte liberado nas águas residuais quando os aposentos são varridos.

803. Espera-se que os termômetros recolhidos pelos programas de troca de termômetros sejam enviados para instalações de reciclagem de mercúrio ou para tratamento de resíduos perigosos.

5.5.15 Fatores de entrada e fatores de distribuição de saídas

804. Com base nos exemplos compilados até agora, sugerem-se os seguintes fatores-padrão preliminares de entrada e distribuição de saídas para uso na ausência de dados por fonte específica. Cabe ressaltar que os fatores-padrão sugeridos neste Toolkit estão fundamentados em uma base de dados limitada e, como tal, devem ser considerados sujeitos a revisões na medida em que o banco de dado aumentar.

a) Fatores-padrão de entrada de mercúrio

805. Os dados reais sobre os níveis de mercúrio nos termômetros específicos propiciarão melhores estimativas de liberações.

806. Se não houver informações disponíveis sobre o teor de mercúrio nos termômetros usados, uma primeira estimativa pode ser obtida aplicando-se os fatores-padrão de entrada selecionados na Tabela 5-120 a seguir (com base nos conjuntos de dados apresentados nesta seção). Como as concentrações variam consideravelmente, recomenda-se calcular e informar intervalos para as entradas de mercúrio nessa categoria de fonte. Os fatores-padrão mínimos foram definidos para indicar uma estimativa mínima para a entrada de mercúrio na categoria de fonte (mas não o mínimo absoluto), e o fator máximo resultará em uma estimativa máxima (mas não o máximo absoluto).

807. Note-se que esses números se referem apenas a termômetros de mercúrio. Ao quantificar os fornecimentos anuais de termômetros, deve-se estar ciente de que muitos termômetros sem mercúrio são vendidos (termômetros de vidro com álcool ou ligas de metais líquidas e termômetros eletrônicos), motivo pelo qual são necessárias informações específicas sobre o fornecimento de termômetros de mercúrio.

Tabela 5-120 Fatores-padrão preliminares de entrada de mercúrio, por tipo de termômetro

Tipo de termômetro	Teor de mercúrio (g Hg/item)
Termômetros médicos	0,5-1,5
Termômetro de temperatura ambiente	2-5
Termômetros industriais e de uso especial (ex.: controle de motores marítimos)	5-200
Termômetros de vidro diversos com Hg, inclusive para laboratórios	1-40

b) Fatores-padrão de distribuição de saídas de mercúrio

808. O fator de saída para o ar da produção foi baseado nos dados da Unilever descritos acima. As liberações de mercúrio para os resíduos e outras vias são desconhecidas.

809. Os fatores-padrão de distribuição de saída pré-inseridos na planilha IL2 foram baseadas em dados limitados disponíveis para termômetros e pilhas e baterias, presumindo algumas semelhanças no manuseio do mercúrio, etc.

810. No caso da destinação, as saídas são extremamente dependentes das práticas de gestão de resíduos em cada um dos setores em que termômetros de mercúrio são usados; os fatores-padrão apresentados abaixo são simplificações destinadas a alertar para a possibilidade de saídas substanciais de mercúrio em cada uma das vias indicadas. As quantificações dos fluxos de resíduos reais em cada um dos setores no país contribuirão para a obtenção de um quadro mais preciso das saídas de mercúrio nesse grupo de produtos. Na ausência desses dados quantitativos específicos, os fatores de distribuição apresentados na tabela a seguir podem ser usados.

811. Note-se que a tabela somente distribui saídas de liberações diretas para o meio ambiente e as duas categorias de resíduos mencionadas. O destino final do mercúrio nos resíduos depende em grande medida do cenário nacional/regional de tratamento de resíduos e dos projetos de redução de emissões em vigor. Ver descrições dessas questões nas seções sobre incineração geral de resíduos (Seção 5.8) e aterros sanitários/deposição (Seção 5.9).

812. Cabe observar, ainda, que nos fatores-padrão de distribuição de saídas de mercúrio mencionados aqui, o descarte informal ou a incineração de resíduos é quantificado como liberação direta no ar, no solo e na água, conforme o caso. Deve-se ter o cuidado de evitar a dupla contagem, se as estimativas de liberações de mercúrio também forem feitas separadamente para o descarte informal ou a incineração de resíduos.

Tabela 5-121 Fatores-padrão preliminares de distribuição de saídas de mercúrio a partir do uso e da destinação de termômetros

	Fatores-padrão de distribuição de saídas, parcela de entradas de Hg				
Fase do ciclo de vida	Ar	Água	Solo	Resíduos gerais	Tratamento/destinação específico por setor*1
Produção *3	0,01	?	0,01	?	?
Durante o uso e a destinação (situação real da gestão de resíduos no país): *2					
Coleta seletiva de termômetros inexistente ou muito limitada. Todos ou quase todos os resíduos gerais são recolhidos e tratados de maneira controlada publicamente.	0, 1	0,3		0,6	
Fase do ciclo de vida	Ar	Água	Solo	Resíduos gerais	Tratamento/destinação específico por setor*1
Coleta seletiva de termômetros inexistente ou muito limitada. A coleta ou o tratamento informal de resíduos em geral é generalizada ou inexistente.	0,2	0,3	0,2	0,3	
A taxa de coleta seletiva de termômetros é alta. Todos ou quase todos os resíduos em geral são recolhidos e tratados de maneira controlada publicamente.	0,1	0,3		0,3	0,3

Notas: *1 Reciclagem ou deposição especial de mercúrio, como, por exemplo, destinação segura em antigas minas.

*2 Entradas de mercúrio para destinação são as quantidades de mercúrio nos tipos de termômetros, combinadas com as quantidades destinadas dos respectivos tipos de termômetro. Se disponíveis, dados anuais de fornecimento para alguns anos anteriores (para os mesmos tipos de termômetros), podem ser usados como aproximações para as quantidades destinadas.

*3 Saídas na parcela de entradas de mercúrio para a produção no país. Se não for possível obter as quantidades de mercúrio fornecidas para produção, uma aproximação pode ser a quantidade de mercúrio nos produtos produzidos.

c) Ligações com outras fontes de estimativa de mercúrio

813. As saídas estimadas para resíduos recolhidos separadamente e resíduos sólidos urbanos nesta seção contribuem para as entradas de mercúrio em aterros sanitários/depósitos (Seção 5.9) e a incineração de resíduos (Seção 5.8).

814. As saídas estimadas para reciclagem nesta seção contribuem para as entradas de mercúrio para a reciclagem do metal (Seção 5.7.1).

5.1.1.6 Principais dados por fonte específica

815. Nesse caso, os principais dados por fonte específica seriam:

- Números de produção nacional de termômetros de mercúrio;
- Consumo de termômetros de mercúrio para o setor hospitalar, domicílios e laboratórios/ indústrias, respectivamente; e
- Estabelecimento e eficiência dos sistemas de gestão de resíduos em cada um dos setores em que são usados termômetros de mercúrio.

816. No que diz respeito à produção nacional, as saídas por consumo e produção de mercúrio podem constituir informação confidencial. Volumes de produção podem ser obtidos a partir das estatísticas de produção nacional, mas, muito provavelmente, não discriminadas por tipos de termômetro.

817. Dados sobre o consumo de termômetros de mercúrio podem estar disponíveis nas estatísticas comerciais nacionais, mas, muito provavelmente, não discriminadas por tipo de termômetro e setor. Essas informações deverão ser obtidas junto aos fornecedores.

818. Veja também orientação sobre a coleta de dados na Seção 4.4.5.

5.5.2 INTERRUPTORES ELÉTRICOS E ELETRÔNICOS, CONTATOS E RELÉS COM MERCÚRIO

5.5.2.1 Descrição da subcategoria

819. O mercúrio foi (e continua sendo) usado em uma variedade de interruptores elétricos e relés. Dados dos EUA indicam que o consumo de mercúrio continua sendo significativo para esse grupo de produtos (EUA, 2002). Em alguns países, o mercúrio de componentes elétricos foi substituído durante as últimas duas décadas, e substitutos sem mercúrio hoje estão sendo usados na maior parte dessas aplicações - ou em todas elas - em alguns países. No entanto, a situação e o alcance da substituição provavelmente variam consideravelmente entre os países. Além disso, independentemente da situação da substituição, interruptores e relés com mercúrio provavelmente aparecerão nos resíduos nos próximos anos, devido à vida útil muito longa desses produtos. Essa subcategoria constitui um grupo muito diversificado de produtos em termos de diferenças de aplicações, teores de mercúrio e vida útil dos componentes elétricos, motivo pelo qual a estimativa de liberações de mercúrio na subcategoria pode demandar um esforço substancial. Estudos recentes realizados nos EUA demonstram a existência de interruptores/ relés alternativos, sem mercúrio, comparáveis ou superiores aos produtos com mercúrio em matéria de custo e funcionalidade para praticamente todas as aplicações (GALLIGAN et al., 2003, citado pelo NRDC em comentários ao UNEP, 2005). Consequentemente, um número crescente de estados americanos promulgou leis proibindo a venda de novos interruptores e relés de mercúrio.

820. O principal uso do mercúrio elementar na fabricação de aparelhos elétricos encontra-se em interruptores de inclinação, também conhecidos como interruptores "silenciosos". Um interruptor de inclinação de mercúrio é construído adicionando-se mercúrio em um tubo de vidro contendo contatos de fio de metal e, em seguida, selando-se o tubo. Uma força mecânica externa - ou gravidade - ativa o interruptor ao mudá-lo de uma posição vertical para uma posição horizontal, fazendo o mercúrio fluir de uma extremidade do tubo para a outra, gerando, assim, um condutor

de corrente elétrica. Nos EUA, os interruptores de inclinação têm sido usados principalmente em interruptores elétricos silenciosos de parede e interruptores elétricos de termostatos para calefação residencial e comercial. Barr (2001) relata que interruptores de mercúrio são usados em termostatos há mais de 40 anos. Há termostatos sem mercúrio. No entanto, relatos indicam que estes não duram tanto nem funcionam tão bem quanto os termostatos com mercúrio. Mas alguns países não os usam e não têm problemas. Agora, estudos realizados nos EUA indicam que os termostatos sem mercúrio são equivalentes ou superiores aos modelos com mercúrio, graças às melhorias introduzidas nos modelos sem mercúrio (Lowell Center for Sustainable Production, 2003), (MAINE DEP ORDER, 2003) e (Maine Board of Environmental Protection, 2004). Em 2001 ainda havia termostatos com interruptores de mercúrio no mercado dos EUA (BARR, 2001), que ainda eram vendidos naquele país 20115, embora o mercado registre uma queda de cerca de 10% ao ano. Essa tendência será acelerada na medida em que leis proibindo a venda de novos termostatos de mercúrio entrarem em vigor em seis estados (com aprovação pendente em outros) (FPI, 2004). Empresas de calefação, ventilação e ar condicionado (HVAC) são os principais consumidores desses dispositivos, que provavelmente ainda são muito usados em casas e outros edifícios em todo o mundo. Em automóveis, os interruptores de inclinação têm sido amplamente usados para "luzes de conveniência", como os que acendem quando o porta-malas é aberto. Além disso, pequenos interruptores de inclinação têm sido usados para sistemas de freio ABS e sistemas de controle ativo da suspensão. Em automóveis americanos produzidos em 1996, os interruptores de luz foram responsáveis por 87% do total das 11,2 toneladas usadas, os sistemas ABS por 12% e o controle da suspensão por 1%. (GRIFFITH et al., 2001). Em sistemas ABS, o mercúrio foi usado principalmente em sistemas de tração 4x4. Desde 2003, os carros novos vendidos nos EUA não contêm interruptores de mercúrio seja nas luzes de conveniência ou nos sistemas ABS. Em carros europeus, o mercúrio deixou de ser usado em meados da década de 1990 (SKÅRUP et al., 2003).

821. Um tipo especializado de interruptor de inclinação é o "interruptor de boia". Seu uso é comum em bombas de fossa e bombas de rescaldo para ativar ou desativar equipamentos. O braço da boia é ligado a uma caixa de controle, que contém o interruptor de inclinação de mercúrio. O movimento do braço acende ou apaga os interruptores. Na Dinamarca, em 1992, os interruptores de mercúrio com boia respondiam por cerca de 60% do uso total de mercúrio em interruptores e relés (SKÅRUP et al., 2003). Os interruptores "de nível" usados para ligar ou desligar uma corrente elétrica em resposta a movimentos mecânicos (tradicionalmente um tubo de vidro com mercúrio flutuante) pode ser o item mais significativo no que diz respeito às quantidades de mercúrio consumidas. Interruptores de inclinação de mercúrio também são encontrados em vários outros produtos, incluindo tampas de "freezers" horizontais, telefones, alarmes contra roubo em barcos, lavadoras de roupa, alguns sapatos esportivos com luzes intermitentes, luzes de controle em ferrovias e computadores portáteis.

822. Além do uso de interruptores de inclinação de mercúrio em termostatos comuns, o mercúrio também é usado em outros dois tipos de termostato. Um "accustat" é um termostato de vidro semelhante a um termômetro com duas conexões elétricas. Liga e desliga um fluxo elétrico pela expansão do mercúrio.

823. Outro tipo são as sondas de termostato de mercúrio, também conhecidas como sensores de chama ou válvulas de segurança de gás. A sonda de metal é composta por um bulbo de metal e um tubo fino conectado a uma válvula de controle de gás. O mercúrio está dentro do tubo e se expande ou contrai para abrir e fechar a válvula. São mais comumente encontradas como parte da válvula de segurança que evita o fluxo de gás se a chama piloto não estiver acesa em diversos tipos de aparelhos a gás, tais como aquecedores de água, fornos e aquecedores de ambiente. Fusíveis térmicos de mercúrio são usados em cafeteiras e ferros (SKÅRUP et al., 2003).

824. Relés são interruptores controlados eletricamente. Relés de êmbolo ou de deslocamento de tamanhos maiores são usados em iluminação e calefação de alta tensão. O relé de mercúrio de deslocamento usa um dispositivo de êmbolo metálico para deslocar o mercúrio. O êmbolo é mais leve do que o mercúrio e, portanto, flutua sobre o mercúrio. Quando a energia da bobina está desligada, o nível de mercúrio fica abaixo da ponta do eletrodo e não há trajetória de corrente entre o eletrodo isolado no centro e o depósito de mercúrio. Quando a energia da bobina é aplicada, o êmbolo é atraído para dentro do depósito de mercúrio pela força do campo magnético e o êmbolo centra-se na trajetória da corrente. Relés de êmbolo contêm até 400 g de mercúrio (ENVIRONMENT CANADA, 2003b).

825. Relés de palheta (reed) são encontrados em pequenos controles de circuito em dispositivos eletrônicos de baixa tensão. Esses relés consistem de uma palheta encapsulada em vidro, cuja base está imersa em um depósito de mercúrio e a outra extremidade pode mover-se entre duas séries de contatos (GALLIGAN et al., 2003). O mercúrio flui pela palheta por ação capilar e molha a superfície de contato da palheta e os contatos fixos. Os relés de palheta (reed) são usados principalmente em equipamentos de testes, calibração e medição - isto é: aplicações especializadas que requerem resistência de contato estável durante a vida útil do produto. O teor de mercúrio de cada relé é normalmente de 1-10 mg (SKÅRUP et al., 2003) e, embora possam ser amplamente usados, o consumo total de mercúrio total com relés de produtos eletrônicos tem sido relativamente pequeno em comparação com os interruptores de mercúrio descritos acima. Relés de contato de mercúrio com um interruptor semelhante aos interruptores de inclinação descritos acima podem ser usados, mas esse uso não parece ser muito comum.

5.5.2.2 Principais fatores determinantes de liberações de mercúrio e saídas de mercúrio

826. À semelhança de outros produtos que contêm mercúrio, as liberações podem ocorrer:

1. A partir da produção de interruptores e relés de mercúrio (no ar, na água e no solo), dependendo do grau de proteção dos sistemas de fabricação, bem como da manipulação e dos procedimentos de trabalho nas unidades de produção individuais;
2. Em caso de quebra ou perda de interruptores (no ar, na água, no solo) durante seu uso; e
3. Durante a destinação de produtos contendo os interruptores (ou os próprios interruptores) após seu uso (diretamente no solo ou aterro sanitário e, posteriormente, na água e no ar), dependendo, em grande medida, dos tipos e da eficácia dos procedimentos de gestão de resíduos (CAGI, 2002).

Tabela 5-122 Principais liberações e meios receptores durante o ciclo de vida de interruptores e relés de mercúrio

Fase do ciclo de vida	Ar	Água	Solo	Produtos	Resíduos em geral	Tratamento/destinação específico por setor
Produção	x	x	x	X		x
Uso	x	x	x			
Destinação	X		X		X	X

Notas: X – Via de liberação que deverá predominar para a subcategoria.
x – Outras vias de liberação a serem consideradas, dependendo da fonte específica e da situação nacional.

i) Produção

827. Durante a fabricação de interruptores elétricos (de parede e termostato), pode haver emissão de mercúrio no processo de soldagem ou de preenchimento, como resultado de derramamentos ou quebras durante o teste do produto e como resultado da transferência de materiais (US EPA, 1997a). Ver descrição dos processos para a produção desses dispositivos em US EPA (1997a).

ii) Uso

828. Uma vez que o mercúrio está contido numa ampola de vidro selada dentro do dispositivo, não há liberações durante o uso normal (ENVIRONMENT CANADA, 1999). Quando um interruptor quebra, o mercúrio é liberado em vários meios, incluindo o ar (como vapores), o solo e águas residuais. Os interruptores quebrados também podem ser depositados com resíduos sólidos, mas esse processo, aqui, é considerado destinação. A magnitude das liberações em cada via depende dos procedimentos de limpeza adotados, dentre outros fatores, mas, nesse caso, são considerados aqui como destinação.

iii) Destinação

829. Devido à vida útil longa dos equipamentos e à queda significativa no consumo nos últimos anos em alguns países, a disponibilidade de dados históricos de consumo é crucial para determinar a quantidade de mercúrio destinada com os equipamentos. Um estudo realizado nos EUA estimou que 10% dos interruptores são descartados após 10 anos, 40% após 30 anos e os restantes 50% após 50 anos (US EPA, 1992, citado em US EPA, 1997b). Os interruptores de inclinação contendo mercúrio usados em edifícios (por exemplo, interruptores de parede e interruptores em termostatos), normalmente duram de 30 a 50 anos, e sua destinação geralmente ocorre quando os edifícios são reformados ou demolidos (Environment Canada, 1999). Interruptores e relés em equipamentos elétricos/eletrônicos e automóveis geralmente são destinados quando os equipamentos ou automóveis são descartados e a quantidade destinada atualmente reflete o consumo de 15-20 anos atrás.

830. Floyd et al. (2002), ao estudar o consumo na União Europeia, observam que, na prática, a vida útil será determinada pela vida do equipamento no qual os interruptores estão contidos, e estimam que, na prática, essa vida útil é da ordem de 5 a 10 anos. Isso provavelmente se aplica apenas a interruptores e relés diferentes daqueles usados em casas e automóveis.

831. Como o padrão de consumo mudou significativamente nos últimos anos em alguns países, é muito difícil obter estimativas confiáveis sobre a quantidade de mercúrio destinada junto com produtos descartados com base em informações sobre o consumo atual, aplicando-se uma suposição de estado fixo. No entanto, às vezes é possível estimar o número de termostatos de mercúrio descartados anualmente sem usar dados históricos de vendas, obtendo-se a quantidade de termostatos de substituição (todos os tipos) vendidos anualmente (como informado em publicações comerciais) e estimando-se a porcentagem de termostatos substituídos que são de mercúrio (FPI, 2004). Essa metodologia poderia ser aplicada no caso de outros produtos com mercúrio, para os quais haja dados disponíveis sobre vendas de substitutos.

832. Com base em dados históricos de consumo, é possível estimar a quantidade de equipamentos acumulados na sociedade (equipamentos ainda em uso). A fração dos equipamentos descartados recolhidos para o tratamento seguro do mercúrio dependerá, principalmente, da existência e eficácia de campanhas específicas de coleta e da prática geral para o tratamento de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos. As informações sobre as quantidades recolhidas a eficiência estimada da coleta pode ser a melhor base para estimar o total de mercúrio nos equipamentos descartados. Em alguns casos, pode ser útil obter estimativas aproximadas, com base nos dados correspondentes de países com condições semelhantes.

833. Em alguns países há campanhas específicas para a coleta de interruptores contendo mercúrio, como, por exemplo, a campanha "Colorado sem Mercúrio - Programa de Reciclagem de Termostatos" (DPHE, 2003). As campanhas podem aumentar significativamente a quantidade de mercúrio recolhido, uma vez que geralmente não há fortes incentivos econômicos para reciclar o mercúrio. Infelizmente, apesar da campanha do Colorado e de outros esforços similares em

outros locais, os esforços voluntários nos EUA produziram resultados muito limitados até agora (FPI, 2004, citado por NRDC em comentários ao UNEP, 2005). Assim, um número cada vez maior de estados está proibindo novas vendas.

834. A quantidade de interruptores descartados que são recolhidos para reciclagem continuará a depender da prática e dos requisitos legais em matéria de tratamento de resíduos elétricos e eletrônicos. Em países da União Europeia, requisitos específicos para a remoção de componentes contendo mercúrio, tais como interruptores ou lâmpadas de retro-iluminação, entrarão em vigor antes de agosto de 2004.

835. Mesmo em países com coleta seletiva, uma parte dos interruptores e relés é destinada com resíduos sólidos urbanos (RSU) e resíduos de reciclagem e ferro-velho.

836. No caso de interruptores que chegam a aterros sanitários protegidos, parte do mercúrio será liberada lentamente por evaporação gradual na atmosfera, na medida da degradação do encapsulamento, com lixiviação lenta para águas residuais (ou águas subterrâneas, se nenhuma membrana for usada sob o aterro), e poderia alcançar maiores proporções em caso de escavações na área (ou até mesmo mudanças climáticas/geológicas). Ver a descrição de aterros sanitários/deposição na Seção 5.9.

837. No caso de interruptores que acabam na incineração de resíduos, a maior parte do mercúrio será liberada na atmosfera durante a incineração, enquanto a parte menor permanecerá nos resíduos sólidos da incineração e, se aplicável, nos resíduos da purificação de gás de combustão e, posteriormente, será depositada em aterros sanitários ou outros depósitos, conforme descrito na Seção 5.8.

838. Em caso de resíduos não recolhidos, difusamente perdidos, ou de depósitos de resíduos informais, sem proteção, as perdas vão diretamente para o solo.

5.5.2.3 Discussão de entradas de mercúrio

Tabela 5-123 Visão geral de dados de taxa de atividade e tipos de fator de entrada de mercúrio necessários para estimar as liberações provenientes de interruptores e relés com mercúrio

Fase do ciclo de vida	Dados de taxa de atividade necessários	Fator de entrada de mercúrio
Produção	Consumo total de mercúrio para a produção ou número de interruptores e relés produzidos por ano (no país) por tipo	Kg de mercúrio liberado por kg de mercúrio usado para a produção ou por kg de mercúrio em interruptores produzidos
Uso *1	Dados históricos sobre o número de interruptores de mercúrio consumidos por ano	g de mercúrio por interruptor fornecido, por tipo e setor
Destinação *1	Dados históricos sobre o número de interruptores de mercúrio consumidos por ano	g de mercúrio por interruptor fornecido, por tipo e setor

Notas: *1 e esses dados não estiverem disponíveis, os fatores-padrão apresentados abaixo poderão ser usados; esses fatores são baseados em dados sobre o fornecimento de mercúrio per capita com esse tipo de produto e operam com a taxa de atividade do número de habitantes no país.

i) Produção

839. Na maioria dos países, há poucos fabricantes de interruptores e relés contendo mercúrio, se tanto. De preferência, e sempre que viável, as informações sobre a quantidade de mercúrio usado na produção, o número de dispositivos produzidos e as liberações efetivas durante a produção devem ser obtidas diretamente dos fabricantes. Informações sobre liberações durante a produção também podem estar disponíveis em estatísticas ambientais nacionais.

Caso não seja possível obter informações específicas, o número de interruptores produzidos por ano pode estar disponível em estatísticas nacionais, e a quantidade de mercúrio usada na produção pode ser estimada com base em fatores-padrão para o mercúrio por unidade. No entanto, essas estatísticas provavelmente não estão disponíveis na maioria dos países. No caso de haver apenas informações sobre o volume de produção, pode-se chegar a uma estimativa inicial de liberações por meio dos exemplos de teor de mercúrio por interruptor e dos fatores de distribuição abaixo.

840. Nos EUA, em 1996, foi consumido um total de 49 toneladas de mercúrio na produção de dispositivos de fiação e interruptores (SZNOPEK e GOONAN, 2000), representando cerca de 13% do consumo intencional total de mercúrio no país. Conforme relatado em 2004 (BARR, 2004), o consumo anual estimado de mercúrio em produtos como uso de interruptores/relés (incluindo termostatos) representou 42% do uso de produtos nos EUA, ou seja, um total de 103 toneladas curtas (aprox. 91 toneladas). A base de dados do Centro de Informação Interestadual para a Difusão e Redução do Mercúrio (Interstate Mercury Education and Reduction Clearinghouse - IMERC) indica que os fabricantes de interruptores/relés (incluindo termostatos) informaram esse consórcio de estados que haviam usado mais de 69 toneladas curtas de mercúrio em produtos vendidos nos EUA em 2001 (NEWMOA, 2001).

ii) Uso

841. Ao contrário, por exemplo, dos termômetros, interruptores e relés contendo mercúrio normalmente chegam ao consumidor como componentes de outros equipamentos; por essa razão, é difícil obter uma estimativa confiável do consumo real de mercúrio em produtos comercializados. Cabe observar que essa parte da avaliação pode demandar muito tempo. Informações sobre o mercado provavelmente não estarão disponíveis em estatísticas comerciais nacionais. O consumo atual de interruptores com mercúrio pode ser obtido diretamente dos principais fornecedores dos produtos em que esses dispositivos podem estar presentes: termostatos, aparelhos de ar condicionado, bombas submersas, automóveis, etc. Caso haja inventários ou avaliações de mercúrio para países vizinhos, as informações desses países podem ser usadas, na ausência de outros dados. A título de exemplo da metodologia, a US EPA (1992) estimou o número de termostatos comprados, com base no número de novas casas construídas anualmente (US EPA, 1992, citado em Barr, 2001). Essa abordagem pode explicar parte do consumo real, mas não abrange vendas por substituição. Em todo caso, também são necessárias informações sobre o número de termostatos/relés por edifício e a porcentagem de termostatos/interruptores que contêm mercúrio em relação aos tipos sem mercúrio (BARR, 2001).

842. Uma dificuldade adicional na estimativa ocorre quando o uso de interruptores de mercúrio cessou ou diminuiu consideravelmente na sociedade. Nesse caso, os dados de consumo atual são inúteis, e as liberações de mercúrio por quebra durante o uso de interruptores e por destinação devem ser estimadas com base em dados antigos de fornecimento, combinados com as estimativas de vida útil dos interruptores. O número acumulado de interruptores de mercúrio em uso reflete o volume de teor e consumo de mercúrio de anos anteriores. Os tempos de vida podem chegar a 50 anos no caso de algumas aplicações.

843. Outra abordagem possível é estimar a quebra e a destinação com base na quantidade total acumulada na sociedade, multiplicada pela parcela estimada dos interruptores em uso que quebra ou é destinada por ano. A parcela de interruptores que quebram pode ser insignificante, mas, em qualquer caso, usam-se as quantidades totais acumuladas na sociedade para estimar a quantidade destinada, conforme discutido abaixo.

844. O primeiro passo para estimar a quantidade de mercúrio em uso é determinar se interruptores contendo mercúrio foram usados (e continuam a ser comercializados) no país. As principais áreas

de aplicação a serem verificadas são apresentadas na Tabela 5-124. Mediante a confirmação de que interruptores contendo mercúrio foram usados (ou ainda são comercializadas) para uma aplicação específica, o próximo passo é estimar a quantidade ainda em uso.

Tabela 5-124 Exemplos de teor de mercúrio em interruptores elétricos e eletrônicos, contatos e relés em g de mercúrio por kg de itens específicos, por tipo e origem dos dados

Tipo de interruptor, contato ou relé elétrico e eletrônico	Teor de mercúrio (g Hg/item)	País/região de origem dos dados	Observações
Interruptores de inclinação para termostato	3	EUA	PRF, 1996; os termostatos frequentemente contêm de 2 a 6 interruptores de inclinação
Termostatos (accustat)	1,8 – 14,4	Rússia	Yanin, 2004
	1	EUA	Huber, 1997
Sensor de chama	2,5	EUA	Huber, 1997; Usado em fogão a gás
Interruptores de parede silenciosos	3	EUA	US EPA, 1997a
	2	EUA	PRF, 1996
Luz de congelador e interruptores de lavadoras de roupas	2	EUA	Huber, 1997
Interruptores industriais	até 3.600	EUA	PRF, 1996
	3-6	EUA	Huber, 1997
Interruptores de boia	6,8-13,6	Dinamarca	Skårup et al., 2003 (para bombas de esgoto, etc.)
Interruptor em calçados esportivos com luzes intermitentes	2	Dinamarca	Skårup et al., 2003
Interruptores para automóveis	0,7-1,5	EUA	Griffith et al., 2001; interruptores de mercúrio usados na iluminação de capôs e porta-malas. Sistema de freios (ABS) para tração 4x4 e sistemas de controle de suspensão
Interruptores	0,9-23	Rússia	Yanin, 2004
Relés de êmbolo ou de deslocamento	até 400	Canadá	Environment Canada, 2003b
Relés de mercúrio em eletrônica	0,001-0,01	Dinamarca	Skårup et al., 2003

iii) Destinação

845. Em caso de aplicações para as quais haja dados históricos de consumo, a quantidade destinada pode ser estimada presumindo-se uma vida útil média para os equipamentos. A título de exemplo, Barr estimou a destinação total de mercúrio com termostatos em Minnesota com base no consumo 20 anos antes, presumindo uma vida útil média de 20 anos para um termostato (BARR, 2001).

846. Informações sobre os tipos de equipamentos recolhidos e as quantidades de mercúrio recolhidas podem ser obtidas junto a empresas ou outras organizações envolvidas no tratamento de resíduos contendo mercúrio. As informações coletadas podem indicar os tipos de equipamentos que podem ser destinados no país. O total para o país pode ser estimado por extrapolação dos dados obtidos junto aos locais ou setores descritos.

847. Exemplos de teor de mercúrio em interruptores e relés elétricos e eletrônicos são apresentados na Tabela 5-124, descritas anteriormente.

5.5.2.4 Exemplos de mercúrio em liberações e rejeitos/resíduos

i) Produção

848. Três instalações nos EUA que fabricam interruptores elétricos e componentes elétricos informaram liberações atmosféricas de cerca de 2 kg de mercúrio para 1994, ou um total de aproximadamente 6 kg pelas três instalações (US EPA, 1997a). Sabe-se que essas instalações não dispõem de tecnologias para remover o mercúrio dos fluxos de escapamento. No entanto, são tomadas medidas para reduzir exposições no local de trabalho, incluindo modificação de processos, contenção, ventilação de recintos, ventilação de exaustores locais, controle de temperaturas, ventilação por diluição e isolamento (US EPA, 1997a).

849. Não foram identificados dados sobre emissões de mercúrio para outros fabricantes de interruptores elétricos. Na produção de teclas de mercúrio para interruptores de parede ou interruptores de termostato, as principais fontes de emissão de mercúrio ocorrem durante os processos de preenchimento que são realizados em salas isoladas. As salas de isolamento são ventiladas para manter uma ligeira pressão negativa e impedir a contaminação por mercúrio das áreas de trabalho adjacentes. Em 1997, a US EPA informou que não havia dados sobre emissões ou resultados de testes disponíveis para desenvolver uma estimativa de emissões de mercúrio a partir dos dois processos (US EPA, 1997a). No entanto, um relatório (US EPA, 1973, citado em US EPA, 1997a) apresenta um fator de emissão para o processo geral de produção de aparelhos elétricos, de 4 kg de mercúrio emitidos para cada tonelada de mercúrio usada. Esse fator de emissão deve ser usado com cautela, pois se baseia em critérios de engenharia e não em dados de testes reais (US EPA, 1997a). É provável que a produção de interruptores elétricos e os métodos para o controle de mercúrio usados na indústria tenham mudado consideravelmente desde 1973.

ii) Uso

850. Liberações mínimas devem ocorrer durante o uso, porque esses interruptores e dispositivos semelhantes normalmente estão encapsulados em um recipiente de vidro selado ou outros tipos de embalagem. Em comparação com os termômetros, cuja quebra é uma das principais razões para o descarte, os interruptores de mercúrio são descartados, principalmente, com os equipamentos aos quais estão incorporados.

851. No entanto, eventualmente esses dispositivos podem quebrar durante o uso, o que resultará em liberações no ar e, possivelmente, no solo e na água. Não foi possível identificar quaisquer estudos que estimem as liberações produzidas pela quebra desses dispositivos, embora estas possam ser significativas para alguns países. No caso da União Europeia, Floyd et al. (2002) estimam que a quebra de interruptores é insignificante. Skårup et al. (2003) não estimam quaisquer liberações a partir da quebra de interruptores.

iii) Destinação

852. A destinação do mercúrio nos interruptores dependerá da existência de sistemas de coleta.

853. Na Dinamarca, em 2001, a maior parte do mercúrio foi recolhida, principalmente, por meio de um sistema de devolução de telefones (SKÅRUP et al., 2003). Além disso, os interruptores foram recolhidos como parte do tratamento de congeladores e equipamentos eletrônicos usados. Cerca de 10-30% do total de mercúrio descartado foi destinado como RSU (e incinerados). No total, 0,9-1,7 tonelada foi descartada, enquanto o consumo atual foi estimado em menos de 0,024 tonelada/ano.

854. Floyd et al. (2002) estimam que, na União Europeia, 15% do mercúrio contido nesses dispositivos é recolhido para recuperação, 80% são destinados com resíduos sólidos e 5% com sucata de aço (por exemplo, interruptores em automóveis e geladeiras). Uma explicação possível para as quantidades relativamente baixas que chegam aos depósitos de sucata de aço é o fato de que o uso de interruptores de mercúrio em automóveis foi substituído bem cedo na União Europeia, em comparação dos os Estados Unidos. As quantidades totais de mercúrio destinadas na UE foram estimadas em 13,5 toneladas/ano em 2000, enquanto o consumo no mesmo ano foi de 9 toneladas/ano. O consumo em meados da década de 1990 foi de cerca de 28 toneladas/ano, de acordo com esse estudo.

855. Nos EUA, o consumo total informado de mercúrio com dispositivos de fiação e interruptores foi estimado em 49 toneladas/ano em 1996, enquanto a quantidade de mercúrio destinada contabilizada para esse grupo de produtos foi de 32 toneladas/ano, das quais a metade foi recolhida para recuperação. O consumo de mercúrio para a produção de interruptores nos EUA foi bastante estável durante o período de 1970-1995 (SZNOPEK e GOONAN, 2000). Conforme informado em 2004 (BARR, 2004), o consumo anual estimado de mercúrio em produtos como interruptores/relés (incluindo termostatos) representou 42% do uso de produtos nos EUA, ou seja, um total de 103 toneladas curtas (aproximadamente 91 toneladas).

856. Os dados de destinação e consumo informados acima são resumidos na Tabela 5-125, bem como os dados per capita calculados.

Tabela 5-125 Consumo anual informado de mercúrio com interruptores e relés em países e regiões selecionados, no total e por habitante *1

	Dinamarca 1993	Dinamarca 2001	UE 15 2000	UE 15 meados de 1990	EUA 1996	EUA 2004(?)
Consumo informado de mercúrio para interruptores e relés, kg/ano	300	24	9000	28000	49000	909000
População, milhões	5,4	5,4	376	376	281	296
Consumo anual de mercúrio com interruptores e relés em g por habitante	0,06	0,004	0,02	0,07	0,17	0,31

Notas: 1* Dinamarca: Já em 1993, a maioria dos interruptores e relés de mercúrio vendidos havia sido substituída por alternativas sem mercúrio; a maior parte do consumo foi de interruptores de inclinação em bombas de esgoto, uso que também havia cessado em 2001.

UE: O uso de interruptores de mercúrio em automóveis havia sido abandonado na maioria dos automóveis já em meados – ou antes – de 1990.

EUA: O consumo informado de mercúrio para a produção de interruptores nos EUA foi bastante estável durante o período de 1970-1995 (SZNOPEK E GOONAN, 2000); desde 1996, o uso em automóveis provavelmente diminuiu. De acordo com Barr (2004, citado por NRDC em comentários à UNEP, 2005), uma estimativa posterior do consumo nos EUA é de 100 toneladas curtas (90,9 toneladas); a partir dessa estimativa, o grama/habitante é calculado como 0,31 g por habitante nos Estados Unidos.

5.5.2.5 Fatores de entrada e fatores de distribuição de saídas

857. Com base nas informações compiladas acima sobre entradas e saídas e os principais fatores determinantes das liberações, sugere-se o uso os seguintes fatores-padrão preliminares de entrada e distribuição para uso em casos em que dados por fonte específica não estejam disponíveis. Cabe destacar que os fatores-padrão sugeridos neste Toolkit baseiam-se em uma base de dados limitada e, como tal, deverão ser objeto de revisão na medida em que a base de dados aumentar.

858. O objetivo principal de usar esses fatores-padrão é obter uma primeira impressão da relevância da subcategoria como fonte significativa de liberação de mercúrio no país. Normalmente, as estimativas de liberação teriam que ser mais depuradas (após o cálculo com fatores-padrão), antes de qualquer medida de longo alcance ser tomada com base nessas estimativas.

859. Devido à falta de dados suficientes, não foram estabelecidos fatores-padrão para a produção de interruptores e relés de mercúrio.

a) Fatores-padrão de entrada de mercúrio

860. Na ausência de outras informações que permitam estimar as entradas, como descrito anteriormente, uma primeira estimativa pode ser obtida aplicando-se os fatores -padrão de entrada selecionados na Tabela 5-126 a seguir (com base nos conjuntos de dados apresentados nesta seção). Como o consumo varia muito, recomenda-se calcular e informar os intervalos para as entradas de mercúrio nessa categoria de fonte. Os fatores-padrão mínimos foram definidos para indicar uma estimativa mínima para a entrada de mercúrio na categoria de fonte (mas não o mínimo absoluto), e o fator máximo resultará em uma estimativa máxima (mas não o máximo absoluto).

861. Os fatores-padrão de entrada são baseados nos dados de consumo dos países desenvolvidos e regiões descritos acima. Em países em desenvolvimento com parcelas substanciais da população sem acesso à eletricidade e, portanto, presumivelmente, com uma menor prevalência do que poderia ser amplamente denominado "instalações técnicas", a prevalência dos tipos de produtos com adição de mercúrio em questão também pode ser menor em relação aos países desenvolvidos nos quais os fatores-padrão de entrada têm sua origem. Cabe observar, no entanto, que os produtos com adição de mercúrio são, em muitos casos, tecnologia antiga, em vias de serem substituídas por soluções eletrônicas. Em países dominados por tecnologias mais antigas, mas com acesso geral à eletricidade, a prevalência de produtos com adição de mercúrio pode ser tão alta quanto - ou até mesmo mais alta do que - nos países desenvolvidos.

862. O menor acesso à energia elétrica pode ser ajustado multiplicando-se o número de habitantes usado nos cálculos pela taxa de eletrificação, conforme avaliadas pela Agência Internacional de Energia (AIE). As taxas de eletrificação estimadas pela AIE para países em desenvolvimento selecionados a partir de 2009 são apresentadas no Anexo 8.4. Para países sem estimativas da AIE, as taxas de eletrificação foram estimadas aqui, com base nos dados da Agência para países vizinhos, ou em outro tipo de conhecimento das regiões em questão (ver detalhes no anexo). Essa abordagem é usada na planilha do Inventário Nível 1 (automaticamente) e foi implementada como opção também na planilha do Inventário Nível 2 (manualmente).

863. Note-se que o Anexo 8.4 também inclui dados populacionais para a maioria dos países do mundo.

Tabela 5-127 Fatores-padrão preliminares de entrada para o uso de mercúrio em interruptores, contatos e relés

	Fatores-padrão de entrada; g de mercúrio consumido por habitante por ano; (mínimo e máximo)
Mercúrio consumido anualmente com interruptores e relés de mercúrio	0,02 - 0,25

b) Fatores-padrão de distribuição de saídas de mercúrio

864. Cabe notar que nos fatores-padrão de distribuição de saídas de mercúrio mencionados aqui, o descarte ou a incineração informal de resíduos é quantificado como liberações diretas no ar, no solo e na água, conforme o caso. É preciso ter cuidado com a dupla contagem, se as estimativas de liberações de mercúrio também forem feitas separadamente para o descarte ou a incineração informal de resíduos.

865. Na ausência de fatores de distribuição de saídas, fatores-padrão de distribuição de saídas pré-inseridos na planilha IL2 podem ser usados. Esses fatores foram baseados em dados limitados disponíveis para termômetros e pilhas e baterias, presumindo-se algumas semelhanças no tratamento do mercúrio, etc.

Tabela 5-128 Fatores-padrão preliminares de distribuição de saídas de mercúrio para o uso e a destinação de interruptores, contatos e relés elétricos e eletrônicos

Fase do ciclo de vida	Fatores-padrão de distribuição de saídas, parcela de entradas de Hg **2***				
	Ar	Água	Solo	Resíduos em geral	Tratamento/ destinação específico por setor *1
Uso e destinação (dependendo da situação atual da gestão de resíduos no país):					
Coleta seletiva de interruptores inexistente ou muito limitada. A totalidade ou a maioria é de resíduos coletados e tratados de uma forma controlada publicamente *4	0,1		0,1	0,8	
Coleta seletiva de interruptores inexistente ou muito limitada.	0,3		0,4	0,3	
A coleta ou o tratamento informal de resíduos em geral é generalizada ou inexistente *3					
Altas taxas de coleta seletiva de interruptores. A totalidade ou a maioria é de resíduos coletados e tratados de uma forma controlada publicamente *4	0,1		0,1	0,4	0,4

Notas: *1 Coleta seletiva de interruptores e relés contendo mercúrio que podem ser destinados para a reciclagem de mercúrio ou deposição especial, segura.

*2 As entradas de mercúrio no uso e na destinação são as quantidades de mercúrio nos tipos de componentes, combinadas com as quantidades destinadas dos respectivos tipos de componentes. Se houver dados anuais de fornecimento disponíveis para uma vida útil anterior (para os mesmos tipos de componentes), estes podem ser usados como aproximações das quantidades destinadas.

*3 A distribuição entre ar, solo e resíduos em geral aqui é artificial, e destina-se apenas a alertar para a possibilidade de que liberações significativas de mercúrio podem seguir essas vias em países com tratamento de resíduos informal generalizado, tais como descarte difuso e incineração informal. Esse tipo de tratamento de resíduos é considerado aqui como liberações diretas no meio ambiente.

*4 Não foram observados dados sobre a distribuição de mercúrio não recolhido seletivamente. A distribuição sugerida entre resíduos em geral, ar e solo é artificial, e destina-se somente a assinalar que, além dos resíduos em geral, parte do mercúrio em interruptores usados em edifícios poderia, eventualmente, acompanhar resíduos de demolição que talvez não cheguem a um aterro sanitário seguro; da mesma forma, parte do mercúrio em interruptores usados em congeladores e automóveis poderia, eventualmente, ser liberada durante os processos de trituração de ferro e aço reciclados a partir desses produtos.

c) Ligações com outras fontes de estimativa de mercúrio

866. As saídas estimadas de mercúrio para resíduos coletados seletivamente e resíduos doméstico gerais a partir dessa subcategoria contribui para as entradas de mercúrio em aterros sanitários/ depósitos (Seção 5.9) e a incineração de resíduos domésticos (Seção 5.8).

5.5.2.6 Principais dados por fonte específica

867. Nesse caso, os dados mais importantes por fonte específica seriam:

- produção nacional de interruptores e relés contendo mercúrio;
- dados reais e históricos sobre o consumo de interruptores de mercúrio; e
- estabelecimento e eficiência de sistemas de gestão de resíduos.

868. Muito provavelmente, interruptores com mercúrio são produzidos em poucas instalações – se tanto – e, assim, recomenda-se uma abordagem de fonte pontual para a estimativa de liberações de mercúrio. O consumo de mercúrio para a produção nacional e as saídas durante a produção

devem ser obtidos diretamente com os fabricantes, uma vez que volumes de produção, muito provavelmente, não podem ser obtidos nas estatísticas de produção nacionais.

869. Na ausência de dados históricos nacionais, as avaliações/inventários de países vizinhos (ou países na mesma região comercial), se disponíveis, podem ser usadas para uma estimativa aproximada.

870. Ver também orientação sobre a coleta de dados na Seção 4.4.5

5.5.3 FONTES DE LUZ DE MERCÚRIO

5.5.3.1 Descrição da subcategoria

871. O mercúrio é usado em pequenas quantidades por lâmpada em uma série de diferentes tipos de lâmpadas de descarga; os exemplos mais comuns são os tubos fluorescentes e as lâmpadas fluorescentes compactas (LFC) (CAGI, 2002). Aproximadamente 95% das lâmpadas contendo mercúrio usadas nos EUA, no final dos anos 1990, eram tubos de luz fluorescente lineares (NESCAUM, 1998). As demais são lâmpadas fluorescentes compactas ou lâmpadas especiais (como de metal alógeno, vapor de mercúrio, sódio de alta pressão e néon), produzidas para uso comercial ou municipal, tal como iluminação pública (NJ MTF, 2002). Alguns produtores avançaram muito na redução da quantidade de mercúrio por lâmpada, obtendo reduções de cerca de um fator 10 em lâmpadas de mercúrio mais novas, em comparação com os tipos tradicionais. No entanto, tipos de lâmpadas com elevado teor de mercúrio continuam disponíveis no mercado e podem ser vendidas em grandes quantidades, uma vez que são geralmente mais baratas do que as lâmpadas com baixo teor de mercúrio (CAGI, 2002). Alternativas sem mercúrio para essas lâmpadas, com qualidades de economia de energia semelhantes, estão hoje disponíveis no mercado na forma de lâmpadas LED, usadas para iluminação geral com qualidades de iluminação próximas às das lâmpadas fluorescentes. Outras fontes de luz com teor de mercúrio incluem: lâmpadas especiais para fotografia, análises químicas (lâmpadas de espectrometria de absorção atômica), esterilização ultravioleta e luzes de fundo para telas planas de computadores (e provavelmente para televisores).

872. O mercúrio elementar é introduzido no tubo durante o processo de fabricação e atua como uma fonte de fótons produzindo luz ultravioleta quando uma corrente elétrica atravessa o tubo. O mercúrio presente em lâmpadas fluorescentes ocorre essencialmente em duas formas químicas diferentes: mercúrio elementar na forma de vapor e mercúrio divalente adsorvido em poeira fosforosa presente no tubo, nas extremidades metálicas da lâmpada ou em outros componentes. A quantidade de mercúrio na forma de vapor necessária para energizar a lâmpada é de 50 microgramas - cerca de 0,5 a 2,5% do total de mercúrio colocado na lâmpada durante sua fabricação (DUNMIRE et al., 2003). Com o tempo, o mercúrio no tubo reage com o pó fosforoso que reveste a superfície interior do tubo e perde a sua eficácia. Portanto, deve haver mercúrio elementar inicial suficiente na lâmpada para que pelo menos 50 microgramas estejam disponíveis em forma de vapor, mesmo no final da vida útil da lâmpada (geralmente cinco anos de uso para tubos lineares em serviço comercial, e aproximadamente o mesmo para lâmpadas fluorescentes compactas em uso residencial). No final da vida da lâmpada, a maior parte do mercúrio está na forma divalente. De acordo com Floyd et al., 2002 (citando NEMA, 2000), 99% do mercúrio presente nas lâmpadas quando da sua destinação estão incrustados no pó que reveste o tubo.

873. Historicamente, os fabricantes adicionavam mercúrio em quantidades suficientes para assegurar um fornecimento adequado de mercúrio no tubo ao longo de sua vida útil. Avanços

recentes no desenvolvimento de tubos fluorescentes permitiram aos fabricantes reduzir a quantidade de mercúrio necessária para garantir a vida útil adequada do tubo (BLEASBY, 1998, citado em ENVIRONMENT CANADA, 1999).

5.5.3.2 Principais fatores determinantes de liberações de mercúrio e saídas de mercúrio

874. Na América do Norte (EUA, Canadá e México), as liberações de mercúrio decorrentes da destinação inadequada de tubos de luz fluorescente caíram substancialmente na última década, como resultado de programas de reciclagem e mudanças na tecnologia de projetos (ENVIRONMENT CANADA, 1999).

Tabela 5-130 Principais liberações e meios receptores durante o ciclo de vida de fontes de luz com mercúrio

Fase do ciclo de vida	Ar	Água	Solo	Produtos	Resíduos em geral	Tratamento/destinação específico por setor
Produção	X	x	x	X		X
Uso	x	x	x			
Destinação	X		X		X	X

Notas: X – Vias de liberação que deverão predominar para a subcategoria.
x – Outras vias de liberação a serem consideradas, dependendo da fonte específica e da situação nacional.

875. As emissões de mercúrio a partir da fabricação de lâmpadas fluorescentes podem ocorrer durante operações de manipulação do mercúrio e produção de lâmpadas. As operações de manipulação que podem resultar em emissões de vapor de mercúrio incluem a purificação de mercúrio, a transferência de mercúrio e o conserto de peças. Durante a produção de lâmpadas, emissões de mercúrio podem ocorrer a partir da operação de injeção de mercúrio e de lâmpadas quebradas, derramamentos e materiais de resíduos (US EPA, 1997a).

876. Uma vez que o mercúrio está contido em um tubo de vidro selado, o metal não é considerado como sendo liberado durante seu uso normal. Não foram encontradas estimativas de liberação. As lâmpadas podem quebrar durante o uso, mas é mais provável que isso ocorra depois de terem sido substituídas, durante seu armazenamento temporário antes de serem adequadamente destinadas. Quando essas lâmpadas quebram, mercúrio elementar, mercúrio líquido e pó fosforoso com mercúrio adsorvido podem ser liberados. Além disso, o mercúrio pode ser liberado a partir de cacos de vidro e outros componentes da lâmpada, que estarão contaminados com mercúrio se manipulados inadequadamente (NJ MTF, 2002).

877. As liberações de mercúrio por destinação de lâmpadas dependem do método de destinação. Em muitos países há sistemas de coleta de lâmpadas de mercúrio usadas para reciclagem. As lâmpadas recolhidas podem ser processadas para reciclagem do pó fosforoso contendo mercúrio para a produção de novas lâmpadas, ou podem ser processadas para a recuperação do mercúrio contido no pó. Em alguns países, o pó coletado pode ser destinado em aterros sem recuperação do mercúrio. Durante a reciclagem, o mercúrio pode ser liberado a partir do corte/prensagem de lâmpadas ou da recuperação de mercúrio a partir do pó. Grande parte das lâmpadas destinadas em aterros quebrará como resultado da destinação, e o vapor de mercúrio será liberado imediatamente na atmosfera. A maior parte do mercúrio nas lâmpadas está limitada ao pó fosforoso e só será liberada lentamente. Durante a incineração de lâmpadas, a maior parte do mercúrio evaporará e será capturada pelos controles de contaminação ou emitida para a atmosfera.

5.5.3.3 Discussão de entradas de mercúrio

Tabela 5-131 Visão geral dos dados de taxa de atividade e tipos de fator de entrada de mercúrio necessários para estimar as liberações provenientes de fontes de luz com mercúrio

Fase do ciclo de vida	Dados de taxa de atividade necessários	Fator de entrada de mercúrio
Produção	Consumo total anual de mercúrio para a produção de lâmpadas ou Número de lâmpadas de mercúrio produzidas por ano, por tipo de lâmpada	(não relevante) ou mg de mercúrio por lâmpada, por tipo de lâmpada
Uso	Número de lâmpadas de mercúrio fornecidas por ano, por tipo de lâmpada	mg de mercúrio por lâmpada, por tipo de lâmpada
Destinação	Número de lâmpadas de mercúrio fornecidas por ano (5-10 atrás), por tipo de lâmpada	mg de mercúrio por lâmpada, (5-10 atrás), por tipo de lâmpada

878. O teor de mercúrio das lâmpadas por tipo é usado como fator de entrada para todas as fases do ciclo de vida. Exemplos de teor de mercúrio nas lâmpadas são apresentados na Tabela 5-132. Em geral, a quantidade de mercúrio em lâmpadas fluorescentes foi reduzida no mundo ocidental, e hoje o teor de mercúrio das lâmpadas fluorescentes (extremidade dupla) varia de 3 mg a 46 mg por tubo.

879. A indústria nos EUA informa que o teor médio de mercúrio de lâmpadas de 4 pés foi reduzido de cerca de 48 mg em 1985 para 42 mg em 1990, 23 mg em 1994 e 12 mg em 1999 (NEMA, citado em MTF NJ, 2002). A maioria das lâmpadas fluorescentes em serviço no EUA nos últimos anos são lâmpadas T12 (cerca de 3,3 cm de diâmetro), cujo teor médio de mercúrio é 22 mg (MTF NJ, 2002). As lâmpadas T8 (cerca de 2,2 cm de diâmetro), projetadas para serem mais eficiente em termos energéticos, também contêm menos mercúrio (cerca de 14 mg) (MTF, 2002). No entanto, desde 1995, o teor de mercúrio nessas lâmpadas T12 e T8 foi reduzido devido à introdução de lâmpadas com "baixo teor de mercúrio", ou seja, menos de 10 mg de mercúrio (MTF NJ, 2002). No Canadá, o teor médio de mercúrio em lâmpadas fluorescentes caiu de 48,2 mg em 1985 para 27,0 mg em 1995, com uma meta da indústria de reduzir ainda mais o teor de mercúrio para 15,0 mg até 2000 (ENVIRONMENT CANADA, 1999).

880. Na União Europeia, a média para tubos fluorescentes foi reduzida de 15 mg em 1997 para 10 mg em 2001 (FLOYD et al., 2002). O teor médio de lâmpadas fluorescentes compactas foi de 5 mg, tanto em 1997 como em 2001.

i) Produção

881. Em 1995, nos EUA, foram compradas 30 toneladas de mercúrio para a fabricação de lâmpadas elétricas, incluindo lâmpadas fluorescentes, de vapor de mercúrio, de metal alógeno e de sódio de alta pressão (Plachy, 1996, citado em US EPA, 1997a). As lâmpadas não contêm todo o mercúrio comprado para a fabricação; a maior parte do mercúrio não retido nas lâmpadas é devolvida aos recicladores de mercúrio para purificação e reutilização. No entanto, uma pequena quantidade das entradas de mercúrio é perdida para o meio ambiente durante o processo de fabricação. Em 1994, 15,7 toneladas das 27 toneladas de mercúrio estavam efetivamente contidas nas lâmpadas (NEMA 1996, citado em US EPA, 1997a).

882. Na União Europeia, 5,9 toneladas de mercúrio foram usadas para a produção de lâmpadas de mercúrio; destas, 4,0 toneladas foram usadas para a produção de tubos fluorescentes de extremidade dupla, e o restante para a produção de outros tipos de lâmpadas (FLOYD et al., 2003).

ii) Uso

883. As liberações de mercúrio por quebra de lâmpadas antes de sua destinação podem ser estimadas a partir do consumo nacional de lâmpadas de mercúrio e da fração estimada de lâmpadas que quebram antes da sua destinação. Os números de consumo de lâmpadas podem ser obtidos por contato direto com os principais fornecedores ou consulta às estatísticas comerciais do país. Ver estimativas sobre taxas de quebra abaixo.

iii) Destinação

884. As entradas de mercúrio no processo de destinação são o teor de mercúrio nas fontes de luz da forma como são fornecidas, multiplicado pelo número desses itens consumidos alguns anos antes (vida útil de alguns anos, dependendo do tipo e do uso). Isso é importante porque as concentrações de mercúrio nas fontes de luz podem ter mudado nos últimos anos em muitos países. Na ausência de dados históricos, dados de entrada da produção atual podem ser usados como uma estimativa para anos anteriores. Segundo o NJ MTF (2002), as lâmpadas descartadas hoje devem ter ser cerca de cinco anos (MTF NJ, 2002). Skårup et al. (2003) estimam a vida útil das fontes de luz fluorescente em 8 a 10 anos na Dinamarca.

885. Exemplos de teor de mercúrio nas fontes de luz, por tipo e região (de dados) são apresentados na Tabela 5-132 a seguir.

Tabela 5-132 Exemplos de teor de mercúrio em fontes de luz em mg de mercúrio por item, por tipo e origem dos dados

Tipo de fonte de luz	Teor de mercúrio na fonte de luz(mg de Hg/item)	País/região de origem dos dados	Observações
Lâmpada fluorescente tubular (extremidade dupla)	15 (1997)	União Europeia	Floyd et al., 2002
	10 (2002)		
	15-45	Rússia	Yanin, 2004
Lâmpada fluorescente tubular (extremidade dupla)	10-22	EUA	DiFrancesco e Shinn, 2002
	23-46	Canadá	Environment Canada, 2003a
	3-4	Global	Menor teor no mercado, com base em informações dos fabricantes
Lâmpada fluorescente compacta (extremidade simples)	5	União Europeia	Floyd et al., 2002
	10	Canadá	Environment Canada, 2003a
	12-30	Rússia	Yanin, 2004
Vapor de mercúrio de alta pressão	30	União Europeia	Floyd et al., 2002
Lâmpadas de descarga de alta pressão	38	Rússia	Yanin, 2004
Lâmpadas de sódio de alta pressão	30	União Europeia	Floyd et al., 2002
	9	Rússia	Yanin, 2004
Lâmpada ultravioleta para bronzeamento	25	Dinamarca	Maag et al. 1996
	5	Rússia	Yanin, 2004
Lâmpadas de metal alógeno	25	União Europeia	Floyd et al., 2002
	24	Rússia	Yanin, 2004

5.5.3.4 Exemplos de mercúrio em liberações e rejeitos/resíduos

i) Produção

886. Com base em dados de 1994 nos EUA, um total de 27 toneladas de mercúrio foram adquiridas para a fabricação de lâmpadas em quatro instalações. Cerca de 15,7 toneladas desse mercúrio estavam contidas nas lâmpadas produzidas. A maior parte do mercúrio remanescente foi devolvida para reciclagem. Uma das instalações de produção informou emissões de 0,21 tonelada para 1994, e as emissões totais em 1994 para todas as quatro instalações durante a produção foram estimadas em 0,4 tonelada de mercúrio (US EPA, 1997a). As emissões em 1995 provavelmente apresentaram magnitude bastante semelhante (cerca de 0,4 tonelada).

887. Não foram identificados controles complementares para essas instalações de produção. No entanto, métodos para manter baixos níveis de mercúrio são aplicados, tais como contenção, ventilação de ar, controle de temperatura e isolamento. Liberações de mercúrio podem ocorrer durante operações de manipulação, como a purificação e a transferência de mercúrio e o conserto de peças diversas. Durante o processo de produção, pode haver emissão decorrente da operação de injeção e de lâmpadas quebradas, derramamentos acidentais e vários materiais de resíduos (US EPA, 1997a).

ii) Uso

888. Floyd et al. (2002) estimam que 5% das lâmpadas quebram antes de sua destinação. Com base na informação de que 99% do mercúrio presente nas lâmpadas ficam incrustados no revestimento do tubo, os autores estimam que até um máximo de 5% do mercúrio nas lâmpadas quebradas é liberado na atmosfera, enquanto os restantes 95%, presentes no pó fosforoso, são recolhidos e destinados com os resíduos sólidos urbanos.

889. A US EPA (1997c) apresenta diferentes estimativas de taxas de emissões atmosféricas globais a partir de lâmpadas quebradas. As estimativas variam de cerca de 1,2-6,8% do teor total de mercúrio, e a US EPA pressupõe uma estimativa central de 3% do mercúrio total. Também é discutida a questão da migração de mercúrio do pó fosforoso. Estudos demonstram que, no caso de uma lâmpada quebrada não coberta, as emissões durante um período de 20 dias totalizaram 1,28 mg do teor total estimado da lâmpada de 42 mg, ou cerca de 3% do teor total de mercúrio da lâmpada.

890. Barr (2001) supõe que 5% do mercúrio fornecido com as lâmpadas são emitidos no ar como resultado de quebra pelos usuários.

iii) Destinação

891. O destino do mercúrio usado em lâmpadas depende de muitos fatores, especialmente os métodos de destinação do país. Por exemplo, nos EUA, estima-se que 13-15% das lâmpadas destinadas são recicladas ou destinadas como resíduos perigosos, e 85 a 87% são destinadas em resíduos sólidos urbanos (RSU) (NEMA, 2000 e US EPA, 1997a, citado em NJMTF, 2002). No início da década de 1990, apenas cerca de 2% das lâmpadas eram recicladas nos EUA (US EPA, 1994). No entanto, é provável que desde então a porcentagem reciclada tenha aumentado significativamente nos EUA.

892. O inventário dos EUA de liberações de mercúrio estima, com base em um modelo de 1993, que 8% do teor total de mercúrio das lâmpadas descartadas são liberados na atmosfera como resultado da quebra de lâmpadas durante o transporte dos resíduos. A estimativa é baseada na suposição de que todas as lâmpadas quebram por coleta e transporte dos resíduos.

893. Floyd et al. (2002) estimam que, da mesma forma, 6% do mercúrio nas lâmpadas descartadas em aterros serão emitidos quando estas se quebrarem. Na União Europeia, 75% das lâmpadas destinadas com resíduos sólidos são enviadas para aterros, e as restantes 25% para incineração.

894. No caso de lâmpadas recicladas em sistemas eficazes de ciclo fechado, a maior parte do mercúrio é capturada. Muito pouco mercúrio deve ser liberado diretamente no meio ambiente durante o processo de reciclagem.

895. Cerca de 700 milhões de lâmpadas foram descartadas nos EUA em 1999. Como essas lâmpadas tinham cerca de cinco anos e provavelmente continham uma média de cerca de 20 mg de mercúrio, pode-se estimar que cerca de 14 toneladas de mercúrio foram descartadas nos EUA em 1999. Barr (2001) estimou que cerca de 26-42% desse mercúrio é emitido no ar, e o restante foi liberado no solo (Barr, 2001). O NJMTF estima que 15-45% do mercúrio em lâmpadas destinadas vai para o ar.

896. Skårup et al. (2003) estimam o ciclo de vida de fontes de luz fluorescente em 8-10 anos na Dinamarca.

897. Em geral, não há estudos aprofundados sobre emissão de longo prazo a partir do pó fosforoso depositado em aterros sanitários, mas essa fonte provavelmente contribui para as emissões de mercúrio a partir desse tipo de depósito (ver Seção 5.9).

5.5.3.5 Fatores de entrada e fatores de distribuição de saídas

898. Com base nos exemplos até agora compilados, sugerem-se os seguintes fatores-padrão preliminares de entrada e distribuição de saídas para uso nos casos em que dados específicos por fonte não estiverem disponíveis. Cabe destacar que os fatores-padrão sugeridos neste Toolkit baseiam-se em uma base de dados limitada e, como tal, deverão ser objeto de revisão na medida em que a base de dados aumentar.

a) Fatores-padrão de entrada de mercúrio

Tabela 5-133 Fatores-padrão preliminares de entrada de mercúrio por tipo de fonte de luz

Tipo de fonte de luz	Teor de mercúrio na fonte de luz, mg de Hg/item (min – max)
Lâmpada fluorescente tubular (extremidade dupla)	10 - 40
Lâmpada fluorescente compacta (extremidade simples)	5 - 15
Vapor de mercúrio de alta pressão	30
Lâmpadas de sódio de alta pressão	10 - 30
Lâmpadas ultravioleta para bronzeamento	5 - 25
Lâmpadas de metal alógeno	25

b) Fatores-padrão de distribuição de saídas de mercúrio

899. Devido à falta de dados, não foram definidos fatores de distribuição de saídas para a produção de fontes de luz. Na ausência de fatores de distribuição de saída locais, os fatores-padrão de distribuição de saídas pré-inseridos na planilha IL2 podem ser usados. Esses fatores foram baseados em dados limitados disponíveis para termômetros e pilhas e baterias, presumindo-se que haja algumas semelhanças na manipulação do mercúrio, etc.

900. Como apenas pequenas quantidades de mercúrio são emitidas para a atmosfera a partir da quebra de lâmpadas pelos usuários, e a maior parte do mercúrio em lâmpadas quebradas

é descartada com resíduos, não foram definidos fatores-padrão para a distribuição de saídas nessa fase de uso.

901. No caso de destinação, as saídas são extremamente dependentes das práticas de gestão de resíduos em cada um dos setores em que fontes de Liz são usadas; os fatores-padrão fornecidos abaixo são simplificações destinadas a alertar para a possibilidade de saídas de mercúrio substanciais em cada uma das vias assinaladas. As quantificações dos fluxos de resíduos reais em cada um dos setores no país propiciarão um quadro mais relevante das saídas de mercúrio nesse grupo de produtos. Na ausência de dados quantitativos específicos, podem ser usados os fatores de distribuição indicados na tabela abaixo.

902. Cabe observar que a tabela somente distribui as saídas de liberações diretas no meio ambiente e as duas categorias de resíduos mencionadas. O destino final do mercúrio nos resíduos depende muito do cenário nacional/regional de tratamento de resíduos e dos projetos de redução de emissões envolvidos. Ver descrições dessas questões nas seções sobre incineração geral de resíduos (5.8) e aterros sanitários/deposição (5.9).

903. Cabe observar, ainda, que nos fatores-padrão de distribuição de saídas de mercúrio aqui mencionados, o descarte ou a incineração informal de resíduos é quantificado como liberações diretas no ar, no solo e na água, conforme o caso. É preciso ter cuidado com a dupla contagem, se as estimativas de liberações de mercúrio também forem feitas separadamente para o descarte ou a incineração informal de resíduos.

Tabela 5-134 Fatores-padrão *preliminares* de distribuição de saídas de mercúrio para a produção, o consumo e a destinação de fontes de luz

Fase do ciclo de vida	Fatores-padrão de distribuição, parcela de entradas de Hg *2				
	Ar	Água	Solo	Resíduos em geral	Tratamento/destinação específico por setor *1
Uso e destinação (dependendo da situação real da gestão de resíduos no país):					
Coleta seletiva de lâmpadas inexistente ou muito limitada.	0,05			0,95	
A totalidade ou a maioria é de resíduos coletados e tratados de uma forma controlada publicamente					
Coleta seletiva de lâmpadas inexistente ou muito limitada. A coleta ou o tratamento informal de resíduos em geral é generalizada ou inexistente *3	0,3		0,3	0,4	
Altas taxas de coleta seletiva de lâmpadas.	0,05			0,8	0,15
A totalidade ou a maioria é de resíduos coletados e tratados de uma forma controlada publicamente.					

Notas: *1 Reciclagem de pó de luz contendo mercúrio para novas lâmpadas, ou reciclagem do mercúrio.

*2 As entradas de mercúrio no uso e na destinação são as quantidades de mercúrio nos tipos de lâmpadas, combinadas com as quantidades destinadas dos respectivos tipos de lâmpadas. Se disponíveis, dados anuais de fornecimento para os de 5-10 anos anteriores (para os mesmos tipos de lâmpadas) podem ser usados como aproximações das quantidades destinadas.

*3 A distribuição entre ar, solo e resíduos em geral aqui é artificial, e destina-se apenas a alertar para a possibilidade de que liberações significativas de mercúrio podem seguir essas vias em países com tratamento informal generalizado de resíduos, tais como descarte difuso e incineração informal. Esse tratamento de resíduos é considerado aqui como liberações diretas no meio ambiente.

c) Ligações com outras fontes de estimativa de mercúrio

904. As saídas estimadas de mercúrio para resíduos coletados seletivamente e resíduos domésticos gerais a partir dessa subcategoria contribuem para as entradas de mercúrio em aterros sanitários/depósitos (seção 5.9) e a incineração de resíduos domésticos (Seção 5.8).

5.5.3.6 Principais dados por fonte específica

905. Nesse caso, os principais dados por fonte específica seriam:

1. Consumo de lâmpadas contendo mercúrio, incluindo importações;
2. Tendências nacionais ou regionais em concentrações de mercúrio nos vários tipos de lâmpadas;
3. Parcela estimada das lâmpadas fornecidas que quebram durante o uso; e
4. Estabelecimento e eficácia dos sistemas de gestão de resíduos.

906. Em geral, fontes de luz contendo mercúrio são produzidas em relativamente poucas instalações de grandes dimensões; assim, recomenda-se uma abordagem de fonte pontual para as estimativas de liberações de mercúrio a partir da produção, sempre que possível.

907. Ver também orientações sobre a coleta de dados na Seção 4.4.5.

5.5.4 PILHAS E BATERIAS DE MERCÚRIO

5.5.4.1 Descrição da subcategoria

908. O uso de mercúrio em vários tipos de pilhas e baterias tem sido muito amplo, e estas representam um dos produtos com o maior uso de mercúrio. O mercúrio tem sido usado principalmente (ou talvez unicamente) em pilhas e baterias primárias, ou seja, não recarregáveis.

909. O mercúrio é usado em concentrações elevadas (cerca de 30-32% w/w) em pilhas e baterias de óxido de mercúrio (algumas vezes chamadas de pilhas e baterias de zinco-mercúrio), nas quais o óxido de mercúrio atua como eletrodo positivo. Sua venda provavelmente se concentra em células em formato de botão no ocidente, mas são vendidas também em formato cilíndrico maior e outros formatos. A venda de pilhas e baterias de óxido de mercúrio atualmente está severamente restrita em vários países, embora ainda haja exceções para alguns usos específicos, por exemplo, como usos militares em alguns países. Nos EUA as pilhas e baterias de óxido de mercúrio estão proibidas, mas já foram usadas em equipamentos transistorizados, aparelhos auditivos, relógios, calculadoras, computadores, detectores de fumaça, gravadores, fontes de alimentação reguladas, medidores de detecção de radiação, equipamentos científicos, pagers, monitores de oxigênio e metal e monitores portáteis de eletrocardiograma (US EPA, 1997a).

910. Nos outros tipos de pilhas e baterias, o mercúrio atuou como modificador de reações, impedindo o desenvolvimento de gás (e, portanto, a quebra) durante o uso da bateria, e como inibidor de corrosão (US EPA, 1997a).

911. Anteriormente, as células cilíndricas alcalinas no mercado europeu tinham concentrações de mercúrio de até 1%. Devido às restrições ambientais nos grandes mercados ocidentais, o consumo de mercúrio com pilhas e baterias alcalinas cilíndricas diminuiu, no entanto, e a maioria das marcas globais de pilhas e baterias agora é produzida sem a adição intencional de teor de mercúrio. No entanto, ainda há algumas marcas de pilhas e baterias alcalinas com mercúrio adicionado comercializadas nacional ou regionalmente.

912. A maioria das pilhas e baterias em formato de botão dos tipos alcalino, óxido de prata e zinco-ar ainda contêm mercúrio (em concentrações de até cerca de 1% w/w).

913. Atualmente há outros tipos de pilhas e baterias consideradas como não contendo mercúrio. Cabe destacar que, além da venda direta de pilhas e baterias, estas podem ser importadas e

exportadas em quantidades substanciais dentros das embalagens de outros produtos como eletrônicos, brinquedos, cartões de congratulações sonoros, etc.

5.5.4.2 Principais fatores determinantes de liberações e saídas de mercúrio

Tabela 5-135 Principais liberações e meios receptores durante o ciclo de vida de pilhas e baterias com mercúrio

Fase do ciclo de vida	Ar	Água	Solo	Produtos	Resíduos em geral	Tratamento/destinação específico por setor
Produção	X	x	x	X		x
Uso						
Destinação	X		X		X	X *1

Notes: *1 Baterias contendo mercúrio e recolhidas seletivamente (ou classificadas como tal) podem ser destinadas em aterros sanitários especialmente seguros.

X – Via de liberação que deverá predominar na subcategoria.

x – Outras vias de liberação a serem consideradas, dependendo da fonte específica e da situação nacional.

i) Produção

914. Os procedimentos de trabalho na fabricação de pilhas e baterias, especialmente pilhas e baterias de óxido de mercúrio, e as taxas de rejeição de produtos podem constituir um fator importante para determinar a magnitude das liberações.

915. Vale observar que muitos países não produzem pilhas e baterias, mas dependem de importações.

ii) Destinação

916. As concentrações efetivas de mercúrio nas pilhas e baterias fornecidas são de grande importância para a tonelagem de mercúrio liberada a partir dessa categoria de produtos.

917. Para a categoria como tal, o consumo de pilhas e baterias de óxido de mercúrio é de particular importância, devido ao seu teor relativamente alto de mercúrio.

918. Além do teor de mercúrio, no entanto, a existência e eficiência dos sistemas de coleta de pilhas e baterias, bem como o padrão geral de gestão de resíduos, são os fatores mais importantes que influenciam as liberações de mercúrio a partir das baterias. A distribuição de mercúrio nas pilhas e baterias destinadas para as vias receptoras depende em grande medida da prática de gestão de resíduos em cada país.

919. Em alguns países, partes das pilhas e baterias usadas são recolhidas para a manipulação segura do mercúrio (e de cádmio em outros tipos) e possível reciclagem. Com base nas experiências do norte da Europa, taxas de coleta de 50% são consideradas altas; em muitos casos, a coleta é menor, a despeito de consideráveis esforços de informação e de coleta. Em geral, espera-se que as pilhas e baterias recolhidas seletivamente sejam destinadas com um maior grau de segurança do que resíduos domésticos. A reciclagem de pilhas e baterias com mercúrio provavelmente não é um procedimento difundido hoje, embora alguns países estejam considerando implementar uma reciclagem mais extensa dos materiais das pilhas e baterias.

920. Mesmo em países com coleta seletiva de pilhas e baterias, grande parte das pilhas e baterias consumidas é destinada com resíduos domésticos. No caso de pilhas e baterias em resíduos que chegam a aterros sanitários protegidos, parte do mercúrio será liberada lentamente por evaporação gradual na atmosfera, na medida da degradação do encapsulamento, com lixiviação lenta para águas residuais (ou águas subterrâneas, se nenhuma membrana for usada sob o

aterro), e poderia alcançar maiores proporções em caso de escavações na área (ou até mesmo mudanças climáticas/geológicas).

Ver a descrição de aterros sanitários/deposição na Seção 5.9. Em casos de resíduos não coletados, resíduos difusamente perdidos, ou depósitos não protegidos ou informais, as perdas ocorrem diretamente para a terra. A evaporação real ou biodisponibilidade do mercúrio contido pode ser retardada vários anos ou mesmo várias décadas, porque a degradação do encapsulamento deverá ocorrer lentamente.

921. Em caso de pilhas e baterias em resíduos levados para incineração, parte do mercúrio será liberada na atmosfera e o restante permanecerá nos resíduos sólidos da incineração e, se aplicável, nos resíduos de purificação do gás de combustão e, posteriormente, será depositado em aterros ou outros depósitos, como descrito na seção 5.8. Em caso de incineração de resíduos informal, parte do mercúrio evaporará e será liberada na atmosfera, enquanto outras partes permanecerão nos resíduos sólidos e se perderão para o solo.

5.5.4.3 Discussão de entradas de mercúrio

Tabela 5-136 Visão geral dos dados de taxa de atividade e tipos de fator de entrada de mercúrio necessários para estimar liberações provenientes de pilhas e baterias com mercúrio

Fase do ciclo de vida	Dados de faixa de atividade necessários	Fator de entrada de mercúrio
Produção	Mercúrio usado para produção, kg/ano*2	Não relevante (fator é 1)
Uso	Não necessários (Liberações insignificantes)	Não necessário (Liberações insignificantes)
Destinação	Toneladas de pilhas e baterias fornecidas por ano há um ciclo de vida útil da bateria *1, de cada tipo de bateria	Kg de mercúrio por tonelada de pilhas e baterias fornecidas de cada tipo

Notas: *1: Como substituto para as toneladas destinadas por ano. Caso haja boas estimativas de quantidades de pilhas e baterias destinadas anualmente, estas devem ser preferencialmente usadas. Em tempos de mudança de consumo ou substituição por pilhas e baterias sem mercúrio, o fornecimento atual e a destinação atual diferirão entre si.

*2: Se não estiver disponível, a quantidade de mercúrio usada por ano na produção pode ser estimada com base nos dados sobre o número de baterias de cada tipo produzido, em combinação com dados sobre o teor de mercúrio de cada tipo, como apresentado neste relatório.

i) Produção

922. Em geral, é provável que não haja dados disponíveis sobre a entrada de mercúrio na produção dos diferentes tipos de pilhas e baterias contendo mercúrio (exceto por contato direto com os fabricantes). Estimar liberações a partir da produção como uma porcentagem do teor esperado de mercúrio em cada tipo de bateria pode ser uma abordagem mais simples para uma primeira estimativa. Ver abaixo exemplos de teor e liberações de mercúrio durante a produção.

ii) Destinação

923. A entrada de mercúrio na destinação é o teor de mercúrio nas pilhas e baterias tal como são fornecidas, multiplicado pelo número de pilhas e baterias (do mesmo tipo) que são destinadas. Cabe observar que a destinação de mercúrio com as pilhas e baterias reflete o teor de mercúrio nas pilhas e baterias em anos anteriores (vida útil de alguns anos, dependendo do tipo e do uso). Isso é importante, pois as concentrações de mercúrio em pilhas e baterias mudaram nos últimos anos em muitos países. Na ausência de dados históricos, os números de entrada do fornecimento atual podem ser usados como estimativa.

924. Exemplos de teor de mercúrio em pilhas e baterias por tipo e região (origem de dados) são apresentados na Tabela abaixo 5-132.

Tabela 5-137 Exemplos de teor de mercúrio em pilhas e baterias, em g de mercúrio por kg de pilhas e baterias, por tipo e origem dos dados

Tipo bateria	Teor de mercúrio na bateria (kg de Hg/ton de pilhas e baterias	País/região de origem dos dados	Observações
Óxido de mercúrio (todos os tamanhos); também denominadas pilhas e baterias de zinco-mercúrio	320	União Europeia	Floyd et al. (2002). A venda de pilhas e baterias de óxido de mercúrio está proibida na União Europeia desde 2000.
Pilhas e baterias tipo botão de zinco-ar	12,4	União Europeia	Dados da EBPA (indústria) conforme citados por Floyd et al. (2002). Provavelmente valores médios, já que as concentrações de mercúrio podem variar um pouco. Teores de mercúrio em pilhas e baterias tipo botão acima de 20 kg/tonelada de bateria estão proibidos na EU desde 2000.
Pilhas e baterias tipo botão alcalinas	4,5 - 10 *1	União Europeia	Observações idênticas às de zinco-ar. 10 kg/ton é um valor mais antigo da Escandinávia (início dos anos 1980).
Pilhas e baterias tipo botão de óxido de prata	3,4 - 10 *1	União Europeia	Observações idênticas às de zinco-ar. 10 kg/ton é um valor mais antigo da Escandinávia (início dos anos 1980).
Alcalinas, exceto tipo botão	"0" - 10 *1	União Europeia	Hoje, a maioria das marcas internas não contém mercúrio, mas ainda existem algumas marcas de pilhas e baterias alcalinas com mercúrio sendo vendidas nacional ou regionalmente. Baterias alcalinas, exceto botões com teor de mercúrio acima de 0,25 kg/ tonelada de bateria, estão proibidas desde 2000.

Notas: *1: 10 kg/ton é um valor mais antigo da Escandinávia (início dos anos 1980). Usado aqui para ilustrar valores potenciais máximos em marcas de pilhas e baterias produzidas com tecnologia mais antiga.

5.5.4.4 Exemplos de mercúrio em liberações e rejeitos/resíduos

i) Produção

925. A US EPA (1997a) relata um exemplo de uma instalação de óxido de mercúrio em que o ar de ventilação nos recintos de produção passava por filtros de tela para a retenção de partículas e por um filtro de carvão vegetal, em que apenas 0,1% (1 g/kg) do mercúrio usado na produção era liberado na atmosfera. Presumivelmente, quantidades adicionais de mercúrio eram destinadas com os materiais de filtro usados, mas isso não é informado. A US EPA adverte que esse exemplo deve ser usado com cautela, devido à qualidade questionável dos dados e porque outros fabricantes de pilhas e baterias poderiam não dispor de equipamentos semelhantes para a redução de emissões.

926. Outro exemplo vem da Rússia, onde até cerca de 27% do mercúrio usado para a produção de pilhas e baterias de óxido de mercúrio era perdida durante a produção, com produtos rejeitados e outros resíduos sólidos (24%), com liberações em águas residuais (2%) e na atmosfera (1%); (Lassen et al., 2004).

927. Em relação à produção de outros tipos de pilhas e baterias com um teor muito menor de mercúrio, as porcentagens de liberação poderiam ser semelhantes às da produção de pilhas e baterias de óxido de mercúrio.

ii) Destinação

928. Na Dinamarca, estima-se que 20-30% do consumo de células de botão foram recolhidos seletivamente em 2001, enquanto o número foi maior (entre 30-60%) para pilhas e baterias alcalinas de tamanhos maiores (HANSEN E HANSEN, 2003). As partes restantes das pilhas e baterias deveriam ser destinadas com resíduos domésticos, dos quais a maioria acabava na incineração. O descarte difuso ou informal de resíduos é considerado insignificante na Dinamarca. A destinação de mercúrio com pilhas e pilhas e baterias reflete o teor de mercúrio na bateria em anos anteriores e, portanto, o óxido de mercúrio ainda respondia pela maioria das liberações/resíduos de mercúrio em pilhas e baterias na Dinamarca em 2001 (depois que a venda de óxido de mercúrio foi proibida em 2000; Skårup et al., 2003). Nos Países Baixos, a eficácia da coleta de todos os tipos de pilhas e baterias pode ser estimada em cerca de 50-70% do seu potencial, dependendo de como essa eficácia é calculada. Taxas de coleta nesse nível ou ligeiramente inferiores também foram relatadas para o (grande) município de Gotemburgo, na Suécia (com base em Hansen e Hansen, 2003). Esses exemplos podem refletir as mais altas taxas de coleta entre os sistemas atuais de coleta de pilhas e baterias.

5.5.4.5 Fatores de entrada e fatores de distribuição de saídas

929. Com base nos exemplos até agora compilados, sugerem-se os seguintes fatores-padrão preliminares de entrada e distribuição de saídas para uso nos casos em que dados específicos por fonte não estejam disponíveis. Cabe destacar que os fatores-padrão sugeridos neste Toolkit baseiam-se em uma base de dados limitada e, como tal, deverão ser objeto de revisão na medida em que a base de dados aumentar.

a) Fatores-padrão de entrada de mercúrio

Tabela 5-139 Fatores-padrão preliminares de entrada de mercúrio, por tipo de bateria

Tipo de bateria	Teor de mercúrio na bateria (kg de Hg/ton de pilhas e baterias)
Óxido de mercúrio (todos os tamanhos); também denominadas pilhas e baterias de mercúrio-zinco	320
Pilhas e baterias tipo botão de zinco-ar	12
Pilhas e baterias tipo botão alcalinas	5
Pilhas e baterias tipo botão de óxido de prata	4
Alcalinas, exceto tipo botão	0,25 *1

Nota: *1 Nos países da UE, provavelmente, deverá ser usado um fator de entrada de 0,005 kg/ton.

b) Fatores-padrão de distribuição de saídas de mercúrio

930. Note-se que os fatores de saída para a produção de bateria somente são relevantes para os países com produção nacional. As entradas na produção são, na verdade, as compras de mercúrio para a produção (parte da qual é perdida durante a produção), mas podem ser estimadas a partir das concentrações nas pilhas e baterias combinadas com dados sobre os volumes de produção. Os fatores-padrão de distribuição de saídas pré-inseridos na planilha IL2 (ligeiramente diferentes daqueles listados aqui) basearam-se em dados limitados disponíveis para termômetros e pilhas e baterias, presumindo-se algumas semelhanças na manipulação do mercúrio, etc.

931. No que diz respeito à destinação, as quantificações dos fluxos de resíduos reais no país propiciarão um quadro mais preciso das saídas de mercúrio nesse grupo de produtos. Na ausência de dados quantitativos específicos, podem ser usados os fatores de distribuição indicados na tabela abaixo. Esses fatores são simplificações que indicam apenas as tendências principais, definidas com o objetivo de alertar para a possibilidade de liberações substanciais nessas vias.

932. Cabe observar que a tabela apenas distribui as saídas de liberações diretas no meio ambiente e as duas categorias de resíduos mencionadas. O destino final do mercúrio nos resíduos depende muito do cenário nacional/regional de tratamento de resíduos e dos projetos de redução de emissões envolvidos. Ver descrições dessas questões nas seções sobre incineração de resíduos em geral (Seção 5.8) e aterros sanitários/deposição (Seção 5.9).

933. Cabe observar, ainda, que nos fatores-padrão de distribuição de saídas de mercúrio aqui mencionados, o descarte ou a incineração informal de resíduos é quantificado como liberações diretas no ar, no solo e na água, conforme o caso. É preciso ter cuidado com a dupla contagem, se as estimativas de liberações de mercúrio também forem feitas separadamente para o descarte ou a incineração informal de resíduos.

Ligações com outras fontes de estimativa de mercúrio

934. As saídas estimadas de mercúrio para resíduos coletados seletivamente e resíduos domésticos gerais a partir dessa subcategoria, contribuem para as entradas de mercúrio em aterros/depósitos (Seção 5.9) e na incineração de resíduos domésticos (Seção 5.8).

Tabela 5-140 Fatores-padrão preliminares de distribuição de saídas de mercúrio para a produção e destinação de pilhas e baterias

Fase do ciclo de vida	Fatores-padrão de distribuição de saída, parcela de entrada de Hg				
	Ar	Água	Solo	Resíduos em geral	Tratamento/ destinação específico por setor
Produção *2	0,005	0,005	?	?	0,01
Destinação (situação real da gestão de resíduos no país) *4:					
Coleta seletiva de pilhas e baterias inexistente ou muito limitada. Totalidade ou maioria dos resíduos coletada e tratada de uma forma controlada publicamente.				1	
Coleta seletiva de pilhas e baterias inexistente ou muito limitada. A coleta ou o tratamento informal de resíduos em geral é generalizada ou inexistente *3	0,25		0,25	0,5	
Altas taxas de coleta seletiva de pilhas e baterias. Totalidade ou maioria dos resíduos coletada e tratada de uma forma controlada publicamente.				0,6	0,4 *1

Notas: *1 No caso de pilhas e baterias tipo botão, essa categoria muitas vezes se referirá a depósitos especiais com medidas de segurança mais rígidas contra liberações de mercúrio.

*2 Saídas em parcelas de quantidades de mercúrio em pilhas e baterias produzidas. Note-se que os fatores de saída para a produção de pilhas e baterias só são relevantes para os países com produção nacional.

*3 Altas taxas de coleta seletiva de resíduos para pilhas e baterias combinadas com um alto grau de manipulação informal de resíduos em geral não é considerada uma combinação relevante, uma vez que a coleta seletiva muitas vezes é uma etapa avançada seguinte às normas gerais.

*4 As entradas de mercúrio na destinação são as concentrações de mercúrio nos tipos de bateria, combinadas com as quantidades destinadas dos respectivos tipos de pilhas e baterias. Se disponíveis, dados anuais sobre o fornecimento de alguns anos anteriores (para os mesmos tipos de pilhas e baterias) podem ser usados como aproximações para as quantidades destinadas.

5.5.4.6 Principais dados por fonte específica

935. Nesse caso, os principais dados por fonte específica seriam:

- Consumo de pilhas e baterias de óxido de mercúrio; incluindo importações (bem como importações incorporadas em outros produtos como brinquedos, cartões de congratulações, etc.);
- Tendências nacionais ou regionais em concentrações de mercúrio em outras pilhas e baterias (marcas locais, regulação nacional/regional, etc.); e
- Implantação e eficácia de sistemas de gestão de resíduos.

936. Em relação às pilhas e baterias de óxido de mercúrio, um problema frequentemente encontrado é o fato de as estatísticas comerciais nacionais serem muitas vezes altamente imprecisas, uma vez que essas pilhas e baterias são normalmente vendidas em pequenas quantidades e, portanto, estão muito vulneráveis à classificação errônea de outras pilhas e baterias nos relatórios dos comerciantes para as agências de estatísticas. Isso tem consequências, porque até mesmo vendas moderadas de pilhas e baterias de óxido de mercúrio informadas podem representar uma movimentação de mercúrio que ex

937. Muito provavelmente, as pilhas e baterias são produzidas principalmente em relativamente poucas instalações de grandes dimensões e, portanto, recomenda-se uma abordagem de fonte pontual para estimativas de liberações de mercúrio provenientes da produção, sempre que possível.

938. Ver também orientações sobre coleta de dados na Seção 4.4.5.

5.5.5 POLIURETANO COM CATALISADORES DE MERCÚRIO

5.5.5.1 Descrição da subcategoria

939. Em poliuretanos com dois componentes, para muitas aplicações, os catalisadores preferidos para catalisar a reação entre um poliol e uma composição de isocianato, isto é, para o endurecimento ou a cura de materiais de poliuretano (PU), têm sido os compostos orgânicos de mercúrio (Lassen et al., 2008). Cabe observar que o uso dos catalisadores para poliuretanos difere do uso de catalisadores na produção de monômeros (por exemplo VCM), da mesma forma que o catalisador nos poliuretanos é incorporado ao produto final.

940. Nos últimos anos, o mercúrio foi extensivamente usado como catalisador para promover uma grande variedade de reações de polímero. Os compostos de mercúrio continuaram a ser um importante catalisador na produção de elastômeros de poliuretano, revestimentos, selantes e adesivos (conhecidas como aplicações CASE). Os compostos de mercúrio são usados especialmente para elastômeros de poliuretano (plásticos flexíveis), que são moldados em formas por vezes complexas, ou pulverizados sobre uma superfície como isolamento, proteção contra corrosão, etc. No entanto, catalisadores alternativos, sem mercúrio, estão disponíveis e são muito usados atualmente (LASSEN et al., 2008).

941. Os produtos de poliuretano são usados para uma ampla gama de produtos finais, incluindo rolos, pisos, juntas, encapsulamento de componentes eletrônicos, solas de sapato, absorção de choque e reparos de instalações industriais.

942. Os principais compostos de mercúrio usados são compostos de mercúrio fenil, em primeiro lugar neodecanoato de fenilmercúrio. O teor dos compostos de fenilmercúrio nos catalisadores normalmente fica na faixa de 60-70% em peso correspondendo a 25-30% de mercúrio em peso.

943. Como qualquer catalisador usado em sistemas de poliuretano, o catalisador de mercúrio é incorporado à estrutura do polímero e permanece no produto final. O catalisador é adicionado ao poliuretano em níveis de 0,2-1%, dependendo dos outros componentes e das propriedades desejadas

do polímero. Por conseguinte, a concentração de neodecanoato de fenilmercúrio no produto de poliuretano é da ordem de 0,1-0,6%, e o teor de mercúrio na faixa de 0,05-0,3% (LASSEN et al., 2008).

944. Estima-se que 300-350 toneladas/ano de catalisador de mercúrio podem ser usadas globalmente em aplicações de poliuretano (LASSEN et al., 2008).

5.5.5.2 Principais fatores determinantes de liberações de mercúrio e saídas de mercúrio

Tabela 5-141 Principais liberações e meios receptores durante o ciclo de vida de poliuretano com catalisador de mercúrio

Fase do ciclo de vida	Ar	Água	Solo	Produtos	Resíduos em geral	Tratamento/destinação específico por setor
Produção	x	x		X		x
Uso	X	X				
Destinação	X		X		X	

Notas:*1 X – Via de liberação que deverá predominar para a subcategoria.
x – Outras vias de liberação a serem consideradas, dependendo da fonte específica e da situação nacional.

945. As principais emissões de mercúrio são provenientes do uso de produtos com peças de poliuretano e da destinação de produtos descartados.

946. O mercúrio pode ser liberado a partir de produtos durante o uso. O mercúrio pode ser liberado na forma tanto de compostos de fenilmercúrio como de mercúrio elementar a partir da decomposição dos catalisadores de mercúrio nos produtos. As taxas de liberação dependem do desgaste dos produtos.

947. As peças de poliuretano normalmente acabam nos resíduos domésticos gerais ou em detritos da construção e da indústria. Não são conhecidos em nenhum país sistemas de coleta seletiva de poliuretanos com catalisador de mercúrio. Em relação aos resíduos de poliuretano que acabam na incineração de resíduos, parte do mercúrio será liberada na atmosfera quando incinerada, enquanto outras partes permanecerão nos resíduos sólidos da incineração e, se pertinente, nos resíduos de purificação do gás de combustão e serão posteriormente depositados em aterros sanitários ou outros depósitos, conforme descrito na seção 5.8. Em caso de incineração de resíduos informal, partes do mercúrio evaporarão e serão liberadas na atmosfera, enquanto outras partes permanecerão nos resíduos sólidos e serão perdidas para o solo.

5.5.5.3 Discussão de entradas de mercúrio

Tabela 5-142 Visão geral de dados de taxa de atividade e tipos de fatores de entrada de mercúrio necessários para estimar liberações a partir de poliuretano com mercúrio

Fase do ciclo de vida	Dados de taxa de atividade necessários	Fator de entrada de mercúrio
Produção	Toneladas de poliuretano com catalisador de mercúrio produzidas por ano (no país)	Kg de mercúrio liberado por kg de mercúrio usado na fabricação de poliuretanos
Uso	População nacional	g de mercúrio em poliuretano consumido por habitante, por ano
Destinação	População nacional	g de mercúrio em poliuretano consumido por habitante, por ano

i) Produção

948. Na maioria dos países, os catalisadores de mercúrio para a produção de poliuretano são produzidos apenas por um fabricante, se tanto. A quantidade de mercúrio usada para a produção,

as quantidades de catalisador produzidas e as liberações efetivas a partir da produção dos catalisadores devem ser preferencialmente obtidas por contato direto com os fabricantes, se possível. As liberações a partir da produção podem, em alguns casos, estar disponíveis em estatísticas ambientais nacionais.

949. Os catalisadores de mercúrio são usados para a produção de sistemas de poliuretano de dois componentes em que o catalisador é misturado com um dos dois componentes. Estima-se que as liberações dessa operação sejam insignificantes.

950. Os sistemas de poliuretano com dois componentes são usados pelos fabricantes de produtos finais de poliuretano ou por usuários de selantes e adesivos. Em geral, os dados de entrada sobre o mercúrio para a produção dos diferentes produtos de poliuretano que contêm mercúrio podem não estar disponíveis (exceto por meio contato direto com os fabricantes).

ii) Uso

951. As liberações de mercúrio por evaporação de compostos de fenilmercúrio e mercúrio elementar podem, em princípio, ser estimadas com base em informações sobre a quantidade de poliuretano catalisada por mercúrio acumulada em produtos na sociedade. As quantidades acumuladas refletem o teor e o consumo de poliuretanos contendo mercúrio em anos anteriores. Uma parte significativa do poliuretano pode ser importada em produtos acabados. Na maioria dos países, não há dados sobre os números reais de consumo nem dados históricos disponíveis, e será necessário basear as estimativas em informações gerais sobre o uso global do mercúrio para essa aplicação.

952. Há pouca informação disponível sobre o uso do mercúrio em poliuretanos em diferentes países e, até recentemente, a conclusão era de que o uso total de mercúrio para essa aplicação era geralmente muito pequeno.

953. Em um estudo detalhado para a Comissão Europeia, Lassen et al. (2008) estimaram, com base em comunicações da indústria, que 300-350 toneladas de catalisador de mercúrio podem ser usadas no nível mundial em aplicações de poliuretano, das quais cerca de 60-105 toneladas na União Europeia. Isso corresponde a mais de 100 toneladas do consumo de mercúrio em todo o mundo, e 20-35 toneladas do consumo de mercúrio em poliuretanos na União Europeia. Os catalisadores de mercúrio parecem não ser essenciais, uma vez que há alternativas e, de acordo com Kometani et al. (ano não indicado), catalisadores de mercúrio não são usados no Japão. Embora os catalisadores de mercúrio sejam proibidos em alguns países, é muito provável que produtos importados ainda contenham poliuretanos catalisados por mercúrio.

954. Se as 100 toneladas de mercúrio por ano forem igualmente distribuídas na população global de 6,2 bilhões de habitantes, o consumo de mercúrio por pessoa (per capita) pode ser estimado em 0,02 g de Hg/ano. O consumo na União Europeia corresponde a um consumo de mercúrio por pessoa de 0,05 g de Hg/ano.

iii) Destinação

955. Na maioria dos países não haverá dados disponíveis sobre poliuretano contendo mercúrio no fluxo de resíduos e será quase impossível obter dados confiáveis para estimar as quantidades totais.

956 Presumindo-se uma situação de estado constante, as quantidades totais destinadas correspondem à entrada total com os produtos, subtraídas as liberações durante o uso dos produtos.

5.5.5.4 Exemplos de mercúrio em liberações e rejeitos/resíduos

i) Produção

957. A US EPA (1997a) informa que durante a produção de compostos de mercúrio, emissões de vapor de mercúrio e de compostos de mercúrio particulado podem ocorrer nas seguintes fontes: reatores, secadores, filtros, moedores e operações de transferência.

958. Não há dados disponíveis sobre as emissões efetivas a partir da produção de compostos de fenilmercúrio, mas presume-se que as liberações sejam pequenas em comparação com as liberações que ocorrem numa fase posterior do ciclo de vida dos produtos.

959. Embora as liberações a partir de sistemas de fabricação de poliuretano e peças finais de poliuretano possam ser significativas, não há dados disponíveis para estimá-las.

ii) Uso e Destinação

960. Investigações reais de liberações de mercúrio a partir de produtos têm sido informadas no que se refere ao uso de pisos de elastômero de poliuretano nos EUA. Pisos de poliuretano com catalisadores de mercúrio já haviam sido amplamente usados em ginásios escolares e arenas esportivas nos EUA, e provavelmente também em outras partes do mundo.

961.De acordo com uma pesquisa realizada pelo Departamento Saúde de Minnesota (EUA), alguns pisos de elastômero de poliuretano fabricados a partir de cerca de 1960 até pelo menos 1980 continham até 0,1% de mercúrio em acetato de fenilmercúrio ou outros sais organomercúricos que eram usados como catalisadores (REINER, 2005, citado por ATSDR, 2006). Essa concentração é semelhante à concentração em elastômeros de poliuretano aplicadas em muitos locais do mundo atualmente.

962. .As concentrações de mercúrio no ambiente em ginásios escolares variaram de 0,13 a 2,9 µg/m3, e em 5 de 6 ginásios estavam acima do nível de referência de 0,3 µg/m3 estabelecido pela US EPA como o nível de exposição abaixo do qual nenhum efeito adverso à saúde é esperado (MDH, 2006). Uma pesquisa realizada em Ohio (EUA) mostrou que pisos de elastômero de PU em escolas também emitiam mercúrio acima do nível de referência de 0,3 µg/m3 (NEWHOUSE, 2003). Resultados semelhantes foram obtidos em outras escolas nos EUA, mas não foram identificados relatos de outros lugares do mundo.

963.De acordo com a ATSDR (2008), a literatura química não esclarece se o vapor de mercúrio a partir do acetato de fenilmercúrio ou outros compostos de mercúrio encontrado em pisos é vapor de mercúrio elementar, ou se é a forma de vapor do composto de mercúrio no piso. No entanto, não se sabe se o acetato de fenilmercúrio no piso é convertido em mercúrio elementar antes da volatilização, ou se é convertido em mercúrio elementar no ar. Informações de Saúde Ambiental do Departamento de Saúde de Minnesota afirmam que, quando novos, esses pisos continham até 0,1% de mercúrio, mas na medida em que o piso envelhece, o teor de mercúrio diminui lentamente, de forma que os níveis em pisos com décadas de idade podem ser consideravelmente inferiores a 0,1% (MDH, 2008a). Nenhuma documentação sobre a diminuição do teor de mercúrio é fornecida.

964.Em uma pesquisa realizada em Ohio, testes mostraram que cinco de nove pisos da Marca Tartan da 3M devem ser considerados resíduos perigosos, uma vez que um teste de lixiviação de material mostrou uma concentração acima de 0,2 mg de Hg/l. (ATSDR, 2003). Os resultados indicam que pode ocorrer exposição por contato com a pele, mas essa exposição é considerada insignificante comparada com a exposição por inalação.

965.O desgaste de superfícies pode levar a um aumento das emissões de mercúrio, uma vez que o mercúrio pode ser liberado das partículas e da parte da superfície exposta pela abrasão. Altos

níveis de abrasão podem, especialmente, ser esperados em decorrência de uso externo como, por exemplo, solas de sapato e patins de rodas.

966. Além das liberações no ar, a lixiviação e a abrasão podem levar à liberação em águas residuais.

967. Não há dados reais disponíveis para estimar as liberações médias a partir de produtos de poliuretano mas, tal como indicado acima pelo Departamento de Saúde de Minnesota, as liberações podem ser tão significativas que a concentração no material de poliuretano diminui significativamente ao longo do tempo. Na ausência de dados reais, presume-se que aproximadamente 5% do mercúrio no poliuretano, em média, são liberados em águas residuais e 10% no ar, ao longo de toda a vida útil dos produtos de serviço.

5.5.5.5 Fatores de entrada e fatores de distribuição de saídas

968. Com base nos exemplos até agora compilados, na ausência de dados de fontes específicas sugere-se o uso dos seguintes fatores-padrão preliminares de entrada e fatores de distribuição de saídas.

a) Fatores-padrão de entrada de mercúrio

969. Na ausência de qualquer outra informação que permita estimar as entradas, como descrito acima, uma primeira estimativa pode ser obtida usando-se os fatores-padrão de entrada selecionados na Tabela 5-143 a seguir (com base nos conjuntos de dados apresentados nesta seção). Devido ao alto grau de incerteza da estimativa, recomenda-se calcular e informar intervalos para as entradas de mercúrio nessa categoria de fonte. Os fatores-padrão mínimos foram definidos para indicar uma estimativa mínima para a entrada de mercúrio na categoria de fonte (mas não o mínimo absoluto), e o fator máximo resultará em uma estimativa máxima (mas não o máximo absoluto).

Tabela 5-143 Fatores-padrão preliminares de entrada para o uso de poliuretanos contendo mercúrio

	Fatores-padrão de entrada; g de mercúrio consumida por habitante, por ano (mínimo – máximo)
Mercúrio consumido anualmente com poliuretanos contendo mercúrio	0,01 - 0,05

970. Os fatores-padrão de entrada são baseados nos dados de consumo dos países desenvolvidos e regiões descritos acima. Em países em desenvolvimento com partes segmentos substanciais da população sem acesso à eletricidade e, assim, presumivelmente, uma menor prevalência do que poderia ser amplamente denominado “instalações técnicas”, a prevalência dos tipos de produtos com adição de mercúrio em questão também pode ser menor, relativamente a países desenvolvidos dos quais os fatores-padrão de entrada foram extraídos. Embora produtos de poliuretano não sejam usados apenas em “instalações técnicas”, a taxa de eletrificação é sugerida como um possível fator indicativo do nível de desenvolvimento do país.

971. O nível mais baixo de desenvolvimento técnico pode, assim, ser ajustado multiplicando-se o número populacional usado nos cálculos da taxa de eletrificação avaliado pela AIE (multiplicar pela taxa de eletrificação em porcentagem e dividir por 100 por cento). As taxas de eletrificação estimadas para países em desenvolvimento selecionados a partir de 2009 são apresentadas no Anexo 8.4. Para os países sem qualquer estimativa da AIE, as taxas de eletrificação foram estimadas com base em outras fontes (ver detalhes no anexo). Essa abordagem é usada nas planilhas do Inventário Nível 1 (automaticamente) e foi implementada também como uma opção na planilha do Inventário Nível 2 (manualmente).

Note-se que o Anexo 8.4 também inclui dados sobre a população da maioria dos países do mundo.

b) Fatores-padrão de distribuição de saídas de mercúrio

972. A Tabela 5-144 a seguir apresenta fatores-padrão de saídas de mercúrio para a produção, o uso e a destinação de mercúrio em poliuretanos. Cabe observar que os fatores de saída para a produção de catalisadores de mercúrio somente são relevantes para os países com produção nacional. As entradas na produção são as compras reais de mercúrio para a produção (das quais uma pequena parte é perdida durante a produção).

973. Na maioria dos países não há dados disponíveis sobre as liberações de mercúrio a partir de produtos de poliuretano e dados sobre poliuretanos catalisados por mercúrio nos fluxos de resíduos. Assim, os fatores de distribuição apresentados na tabela abaixo podem ser usados.

974. Cabe observar que a tabela apenas distribui saídas em liberações diretas no meio ambiente e as duas categorias de resíduos mencionadas. O destino final do mercúrio nos resíduos depende muito do cenário nacional/regional de tratamento de resíduos e dos projetos de redução de emissões envolvidos. Ver descrições dessas questões nas seções sobre incineração de resíduos em geral (seção 5.8) e aterros sanitários/deposição (Seção 5.9).

975. Cabe observar, ainda, que nos fatores-padrão de distribuição de saídas de mercúrio aqui mencionados, o descarte ou a incineração informal de resíduos é quantificado como liberações diretas no ar, no solo e na água, conforme o caso. É preciso ter cuidado com a dupla contagem, se as estimativas de emissões de mercúrio também forem feitas separadamente para o descarte ou a incineração informal de resíduos.

c) Ligações com outras fontes de estimativa de mercúrio

976. As saídas de mercúrio estimadas para resíduos sólidos urbanos a partir dessa subcategoria contribuem para as entradas de mercúrio em aterros/depósitos (seção 5.9) e na incineração de resíduos sólidos urbanos (Seção 5.8).

Tabela 5-144 Fatores-padrão preliminares de distribuição de saídas de mercúrio para o uso e a destinação de resíduos de poliuretano catalisado por mercúrio

Fase do ciclo de vida	Fatores de distribuição de saída padrão, parcela de entrada de Hg				
	Ar	Água	Terra	Resíduos em geral	Tratamento/ destinação específico por setor
Fabricação de produtos de poliuretano	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Uso e destinação (situação real da gestão de resíduos no país) *1					
A totalidade ou a maioria dos resíduos é coletada e tratada de uma forma controlada publicamente	0,1	0,05	?	0,85	
A coleta ou o tratamento de resíduos em geral é generalizada ou inexistente	0,2	0,1	0,4	0,3	

Notas: *1 As Entradas de mercúrio na destinação são as concentrações de mercúrio em peças de poliuretano nos resíduos destinados. Se disponíveis, dados anuais de fornecimento de alguns anos anteriores podem ser usados como aproximações para as quantidades destinadas; caso contrário, presume-se um estado fixo com base nas estimativas por habitante.

5.5.5.6 Principais dados por fonte específica

977. Nesse caso, os principais dados por fonte específica seriam:

- as quantidades de mercúrio usadas anualmente na produção nacional de catalisadores de mercúrio para a produção de poliuretano;

- as liberações quantificadas de mercúrio a partir da produção nacional de catalisadores de mercúrio para a produção de poliuretano; e
- informações sobre a parcela de produtos de poliuretano catalisado por mercúrio no consumo nacional de categorias de produtos relevantes.

978. Catalisadores de mercúrio são produzidos em algumas instalações, se tanto, no país e, portanto, recomenda uma abordagem de fonte pontual para estimativas de liberação de mercúrio a partir da produção. O consumo de mercúrio para a produção nacional e o volume de produção devem ser obtidos por meio de contato direto com os fabricantes, uma vez que os volumes de produção muito provavelmente não podem ser obtidos em estatísticas de produção nacionais.

5.5.6 BIOCIDAS E PESTICIDAS

5.5.6.1 Descrição da subcategoria

979. Muitos compostos de mercúrio são tóxicos para os microorganismos e têm sido usados em biocidas na indústria de papel (biocidas na produção – ver Seção 5.3.2), em tintas (discutido separadamente na Seção 5.5.6), e em sementes de cereais e outras aplicações agrícolas. Esses usos foram suspensos ou proibidos em muitos países (UNEP, 2002).

980. Um dos principais usos de compostos de mercúrio como biocida tem sido o tratamento de sementes. O uso de grãos com tratamento de sementes à base de mercúrio para assar pães foi a causa de dois incidentes graves de intoxicação por mercúrio grave no Iraque, há algumas décadas (UNEP, 2002).

981. Na antiga União Soviética, a produção de pesticidas organomercúricos começou em 1955 com uma produção de 5 toneladas/ano, atingindo um máximo de 200 toneladas/ano até 1960 (LASSEN et al., 2004) A produção na Rússia cessou, mas estima-se que nos últimos anos foram usadas entre 20 e 40 toneladas por ano dos estoques existentes (LASSEN et al., 2004). O composto principal é acetato de cloreto de etil-mercúrio com um teor de mercúrio de 1,9-2,3% no pesticida, mas 14 compostos diferentes foram aplicados como pesticidas no país.

982. Na Austrália, um produto fungicida líquido contém 120 g/l de mercúrio como cloreto de metoxi-etil-mercúrio para controlar a doença do abacaxi na cana de açúcar. (UNEP, 2002)

983. Na Índia, o uso de pesticidas organomercúricos em 1999-2000 informado pela Diretoria de Proteção Fitossanitária foi de 85 toneladas (WANKHADE, 2003). Durante o período de 1995 a 2000 não há relatos de produção, importação ou exportação indicando que os pesticidas consumidos são originários de estoques (WANKHADE, 2003). Anteriormente, vários pesticidas à base de mercúrio eram usados na Índia, mas hoje a maioria deles está proibida.

5.5.6.2 Principais fatores determinantes de liberações de mercúrio e saídas de mercúrio

Tabela 5-145 Principais liberações e meios receptores durante o ciclo de vida de biocidas e pesticidas com mercúrio

Fase do ciclo de vida	Ar	Água	Solo	Produtos	Resíduos generalizados	Tratamento/destinação específica por setor
Produção	?	?	?	X	?	?
Uso (pesticidas)	X	X	X		x	x
Destinação		x	X		x	X

Notas: X – Via de liberação que deverá predominar para a subcategoria.
x – Outras vias de liberação a serem consideradas, dependendo da fonte específica e da situação nacional.
? – Podem ocorrer liberações, mas não há dados disponíveis a respeito.

984. Não há dados disponíveis no que se refere a eventuais liberações de mercúrio a partir da produção de biocidas à base de mercúrio.

985. Para o uso de biocidas/pesticidas, os fatores mais importantes na determinação de liberações são a concentração de mercúrio nos produtos usados e a forma como esses produtos são aplicados. Como o uso de pesticidas pode ter sido dominante (além de tintas - ver seção 5.5.6), as indicações de vias de liberação na tabela 5-139 se referem a esse uso. Embora a maior parte do produto em uso acabará no solo, outras partes provavelmente acabarão na água através da destinação de volumes não usados, lavagem dos equipamentos usados, lixiviação para águas subterrâneas e escoamento com águas superficiais. Os produtos não usados, incluindo estoques de pesticidas obsoletos, podem ser perdidos de forma difusa ou destinados com resíduos normais ou por meio de programas especiais de destinação.

5.5.6.3 Discussão de entradas de mercúrio

Tabela 5-146 Visão geral de dados de taxa de atividade e tipos de fator de entrada de mercúrio necessários para estimar liberações provenientes de biocidas e pesticidas

Fase do ciclo de vida	Dados de taxa de atividade necessários	Fator de entrada de mercúrio
Uso de pesticida	Quantidades de pesticidas usadas	Concentração de mercúrio nos pesticidas usados

986. Além dos dados apresentados acima, não foram encontrados dados sobre as concentrações de mercúrio em pesticidas e outros usos de biocidas que não tintas e produtos farmacêuticos (ver Seções 5.5.6 e 5.5.7, respectivamente).

5.5.6.4 Exemplos de mercúrio em liberações e rejeitos/resíduos

987. Em alguns países, quantidades significativas de pesticidas obsoletos são armazenadas em granjas e armazéns em condições inadequadas.

988. Na Federação Russa, a quantidade de mercúrio contendo pesticidas armazenada em depósitos (exceto aterros sanitários) e que requer destruição ou armazenamento em aterros especiais, deve exceder 1.000 toneladas, contendo cerca de 20 toneladas de mercúrio (LASSEN et al., 2004).

5.5.6.5 Fatores-padrão de entrada e fatores de distribuição de saídas

989. Devido à falta de dados, não foram definidos fatores-padrão para essa categoria de fonte. A coleta de dados específicos é recomendada em países onde pesticidas/biocidas são usados. Os fatores-padrão de distribuição de saídas pré-inseridos na planilha IL2 para a produção foram baseados em dados limitados disponíveis para termômetros e pilhas e baterias, presumindo-se algumas semelhanças na manipulação do mercúrio, etc.

5.5.7 TINTAS

5.5.7.1.Descrição da subcategoria

990. Antigamente, acetato de fenil-mercúrio e outros compostos de mercúrio semelhantes costumavam ser adicionados como biocida a tintas à base de água e ainda podem estar sendo

usados em alguns países. Esses compostos eram usados para estender o prazo de validade do produto por meio do controle da fermentação bacteriana dentro da lata (conservantes na lata) e retardar os ataques de fungos em superfícies pintadas em condições úmidas (fungicidas).

991. Nos EUA, o uso de biocidas de mercúrio em tinta cessou em 1991. Antes da proibição em 1991, compostos de mercúrio eram usados no país em 25 a 30% de todas as tintas látex (não eram usados em tintas à base de óleo), e em 20 a 35% das tintas látex para exterior (HEIER, 1990).

992. Na Avaliação Global do Mercúrio (UNEP, 2002), a Tailândia informa que menos de 25% das fábricas de tinta no país ainda usam mercúrio como aditivo no processo, e em quantidades não superiores a 0,5% do peso total. É provável que o mercúrio seja usado como conservante em tintas fabricadas em outros países, mas não se conhece a situação da produção de tintas à base de mercúrio e seu uso em outros países.

993. Além disso, compostos inorgânicos de mercúrio de baixa solubilidade foram anteriormente usados como aditivos em revestimentos e tintas navais para prevenir entupimento de cascos de barcos por bactérias e outros organismos marinhos. Esse uso foi interrompido em meados da década de 1970 (DOC US, como citado em NJ MTF, 2002).

5.5.7.2 Principais fatores determinantes de liberações de mercúrio e saídas de mercúrio

Tabela 5-147 Principais liberações e meios receptores durante o ciclo de vida de tintas contendo mercúrio

Fase do ciclo de vida	Ar	Água	Solo	Produtos	Resíduos em geral	Tratamento/destinação específica por setor
Produção *1	x	x	x	X	x	x
Uso	X	x			x	
Destinação			X		x	x

Notas: *1 – Podem ocorrer liberações de mercúrio a partir da produção de tintas e seus ingredientes, mas não há dados disponíveis para descrevê-las. As liberações na fase de uso são provavelmente muito mais altas, porque a maioria dos compostos de mercúrio usados deverá acompanhar as tintas produzidas.

X – Via de liberação que deverá predominar para a subcategoria.

x – Outras vias de liberação a serem consideradas, dependendo da fonte específica e da situação nacional.

994. Não há dados disponíveis para descrever as possíveis liberações de mercúrio a partir da produção de tintas.

995. Alguns estudos sugerem que na aplicação de tintas contendo mercúrio, as superfícies pintadas liberaram mercúrio elementar no ar (US EPA, 1992 e AGOS et al., 1990). NJ MTF (2002) relata que o ar é o principal meio receptor dessas liberações (NJ MTF, 2002). A vida média do mercúrio nessas tintas foi estimada em cerca de um ano, i.e., metade do teor de mercúrio é liberada a cada ano (NJMTF, 2002). As liberações provenientes de tintas nos EUA (e possivelmente em outros países) foram significativas até anos recentes. Cerca de 227 toneladas de acetato de fenil-mercúrio e outros compostos de mercúrio foram usados em tintas nos EUA entre meados dos anos 1960 e 1991. Presumindo-se que todo o mercúrio usado nessas tintas é eventualmente liberado no meio ambiente, e que a vida média é de aproximadamente um ano, é possível estimar que do final dos anos 1960 até início nos anos 1990, cerca de 227 toneladas de mercúrio foram liberadas no meio ambiente por ano, nos EUA, a partir dessas tintas. No entanto, dada a vida média relativamente curta dessas tintas e a suspensão do seu uso em 1991, acredita-se que hoje as liberações dessa fonte nos EUA devem ser bastante baixas (ver mais discussão e análise da questão em NJ MTF, 2002).

5.5.7.3 Discussão de entradas de mercúrio

Tabela 5-148 Visão geral de dados de taxa de atividade e tipos de fator de entrada de mercúrio necessários para estimar liberações provenientes de tintas com mercúrio

Fase do ciclo de vida	Dados de taxa de atividade necessários	Fator de entrada de mercúrio
Uso e destinação	Consumo de tinta contendo mercúrio em toneladas, por ano	Concentração de mercúrio nas tintas usadas; g de mercúrio por tonelada de tinta

996. Os dados mais importantes necessários para estimar liberações provenientes de tintas seriam os dados sobre a concentração de mercúrio nas tintas usadas, a quantidade de tintas usada, o tempo (anos) em que essas tintas foram usadas e uma indicação da rapidez com que o mercúrio é liberado a partir das tintas aplicadas (por exemplo, a meia vida do mercúrio nas tintas). Além disso, é muito útil saber em que ano o uso dessas tintas foi suspenso, se for o caso, no país em estudo.

997. A informação sobre a concentração real de mercúrio em tintas é escassa. Antes da proibição em 1991 a US EPA permiti que tintas látex para interior contivessem uma quantidade menor do que ou igual a 300 ppm (0,03%) de mercúrio elementar e a tinta látex para exterior, uma quantidade menor do que ou igual a 2000 ppm (0,2%; MMMW, 1990) A concentração real variava. Husar e Husar citam uma avaliação que informa concentrações de mercúrio de 45 ppm em tintas látex para interior e de 1.050 ppm em tintas látex para exterior, com base em entrevistas com empresas de tintas nos EUA na década de 1990 (HUSAR e HUSAR, 2001).

998. Em um caso de intoxicação por mercúrio registrado em 1989, nos EUA, as paredes haviam sido pintadas com tinta látex contendo 930-955 ppm de mercúrio. (MMWR, 1990).

999. Da Austrália, Alphen (1998) relata o caso de um aditivo para tinta contendo 37 g de Hg/L; se adicionado à tinta à taxa recomendada, o resultado seria de 460 mg de Hg/L (ALPHEN, 1998). Alphen informa, ainda, que tintas contendo um excesso de 300 ppm de mercúrio haviam sido encontradas em um estudo limitado de tintas no sul da Austrália. Como mencionado acima, a Tailândia relata que menos de 25% das fábricas de tinta no país ainda usam mercúrio como aditivo no processo e em quantidades não superiores a 5000 ppm (0,5%) por peso total. Na Costa Rica, o regulamento sobre o conteúdo de chumbo e mercúrio em tintas estabelece um limite máximo de mercúrio nas tintas de 50 ppm (0,005%) (UNEP, 2002).

5.5.7.4 Exemplos de mercúrio em liberações e rejeitos/resíduos

1000. Com a aplicação das tintas, uma pequena parte destas será descarregada com águas residuais através da limpeza do equipamento, e a parte restante nas latas será destinada com resíduos sólidos. Bass (2001) estima que cerca de 5% são descarregadas com águas residuais, 3% acabam nos resíduos sólidos urbanos, enquanto os restantes 92% são emitidos para a atmosfera após a aplicação da tinta.

1001. Com uma vida média informada de um ano, quase todo o mercúrio será emitido a partir da tinta.

5.5.7.5 Fatores de entrada e fatores de distribuição de saídas

1002. Devido à falta de dados, não foram definidos fatores-padrão para a produção de tintas e seus ingredientes. Na ausência de dados padrão locais de distribuição de saída, os fatores-padrão de distribuição de saídas pré-inseridos na planilha IL2 para a produção podem ser usados. Esses fatores foram baseados em dados limitados disponíveis para termômetros e pilhas e baterias, presumindo-se algumas semelhanças na manipulação do mercúrio, etc.

1003. Com base nas informações compiladas acima sobre entradas e saídas e nos principais fatores determinantes de liberações, sugerem-se os seguintes fatores-padrão preliminares de entrada e distribuição para o uso de tintas, nos casos em que dados por fonte específica não estão disponíveis. Cabe destacar que os fatores-padrão sugeridos neste Toolkit baseiam-se em uma base de dados limitada e, como tal, deverão ser objeto de revisão na medida em que a base de dados aumentar.

1004. O objetivo principal do uso desses fatores-padrão é obter uma primeira impressão sobre a relevância da subcategoria como fonte de liberação de mercúrio no país. Normalmente, as estimativas de liberações devem ser depuradas (após o cálculo com fatores-padrão), antes que qualquer ação de longo alcance seja tomada com base nas estimativas de liberação.

a) Fatores-padrão de entrada de mercúrio

1005. Os dados reais sobre os níveis de mercúrio nas tintas usadas proporcionarão as melhores estimativas de liberações.

1006. Se não houver outras indicações sobre a concentração de mercúrio nas tintas, uma primeira estimativa pode ser obtida usando-se os fatores-padrão de entrada selecionados na tabela 5-143 abaixo (com base nos conjuntos de dados apresentados nesta seção). Como as concentrações variam muito, recomenda-se calcular e informar os intervalos para as entradas de mercúrio nessa categoria de fonte. Os fatores-padrão mínimos foram definidos para indicar uma estimativa mínima para a entrada de mercúrio nessa categoria de fonte (mas não o mínimo absoluto), e o fator máximo deverá resultar em uma estimativa máxima.

Tabela 5-149 Fatores-padrão preliminares de entrada para mercúrio em tintas

Material	Fatores-padrão de entrada;g de Hg/tonelada de tinta; (mínimo – máximo)
Tintas com biocidas à base de mercúrio	300 - 5000

b) Fatores-padrão de distribuição de saídas de mercúrio

1007. Os fatores-padrão de distribuição de saída de mercúrio para o uso de tintas são baseados nas estimativas de Bass (2001), como descrito acima.

Tabela 5-150 Fatores-padrão preliminares de distribuição de saídas de mercúrio para o uso de tintas

Fase do ciclo de vida	Fatores-padrão de distribuição de saída, parcela de entrada de Hg				
	Ar	Água	Solo	Resíduos em geral	Tratamento/destinação específico por setor *1
Uso de tinta (aplicação e quando aplicada)	0,92	0,05		0,03	

c) Ligações com outras fontes de estimativa de mercúrio

1008. Não há sugestão de ligações.

5.5.7.6 Principais dados por fonte específica

1009. Nesse caso, os principais dados por fonte específica seriam:

- Concentrações de mercúrio nas tintas contendo mercúrio usadas; e
- Quantidades de tintas contendo mercúrio usadas anualmente.

5.5.8 PRODUTOS FARMACÊUTICOS PARA USO HUMANO E VETERINÁRIO

5.5.8.1 Descrição da subcategoria

1010. O mercúrio tem sido usado, principalmente como conservante, em vários produtos farmacêuticos como vacinas, colírios, alguns fitossanitários e outros produtos (CAGI, 2002). Por exemplo, o timerosal/tiomersal (tiossalicilato de etilo) vem sendo usado há décadas em vacinas para prevenir o crescimento de vários agentes patogênicos. O uso de mercúrio em vacinas e colírios e alguns outros produtos farmacêuticos diminuiu significativamente nos últimos anos (UNEP, 2002). No entanto, a produção e o uso ainda persistem, inclusive em países ocidentais. As liberações podem ocorrer durante a produção, o uso e a destinação desses produtos (UNEP, 2002 e CAGI, 2002).

1011. De acordo com as informações apresentadas pelo Governo australiano durante os preparativos para a 23ª Sessão do Conselho de Administração do PNUMA e o uso de químicos de uso veterinário na Avaliação Global do Mercúrio (UNEP, 2002), há uma série de produtos químicos veterinários contendo cloreto de mercúrio (um produto), fenil nitrato de mercúrio (cinco produtos) e tiosalicilato de etilmercúrio sódico (97 produtos). Em muitos desses produtos, o composto de mercúrio não é o ingrediente ativo (por exemplo, algumas vacinas contêm pequenos teores de tiomersal - tiosalicilato de etilmercúrio sódico), e um "anti-irritante" para cavalos de uso tópico para o tratamento de lesões nas patas, dores e condições musculoesqueléticas contém cloreto de mercúrio a 3 g/L.

1012. De acordo com Skårup et al. (2003), o mercúrio ainda é usado como conservante em algumas vacinas na Dinamarca; em cerca de metade das vacinas contra gripe consumidas e na vacina contra "Encefalite Japonesa". As vacinas contra gripe contêm 50 mg de timerosal por dose (na Dinamarca, diferentemente do que ocorre na maioria dos países em desenvolvimento, as vacinas são fornecidas como unidades de dose única). Com essa pequena quantidade por dose, o consumo total de timerosal (composto de mercúrio) em vacinas contra a gripe na Dinamarca (cerca de 5 milhões de habitantes) é inferior a 20 g de mercúrio/ano.

1013. O uso de compostos de mercúrio em vacinas pode ser muito mais predominante em outros países, talvez especialmente nos países em desenvolvimento e outros países onde as vacinas são fornecidas em unidades de várias doses, e as exigências de conservantes podem, portanto, ser maiores. Muito provavelmente, as quantidades de mercúrio usadas são, no entanto, mínimas, em comparação com outros usos de mercúrio como, por exemplo, restaurações dentárias, termômetros, medidores de pressão arterial, pilhas e baterias, etc.

Tabela 5-151 Outros exemplos de produtos farmacêuticos que contêm mercúrio

Produto farmacêutico/ composto de mercúrio	Uso informado	Referência
Timerosal, $C_9H_9HgNaO_2S$	Conservante amplamente usado em produtos farmacêuticos e vacinas	NIH, 2004
Acetato de fenilmercúrio, $C_8H_8HgO_2$	Conservante em produtos farmacêuticos	NIH, 2004
Nitrato de fenilmercúrio, $C_6H_5HgNO_3$	Conservante em produtos farmacêuticos	NIH, 2004
Mercúrio cromo	Tratamento de cortes	SH, 2004

1014. Outro importante uso antigo do mercúrio em produtos farmacêuticos ocorria em medicamentos contra a sífilis. No entanto, não foram encontrados registros de uso atual para esse fim.

1015. O mercúrio contido em produtos farmacêuticos será liberado através do corpo em águas residuais ou no solo, e produtos não usados podem ser destinados como resíduos perigosos gerais, dependendo das práticas de gestão de resíduos predominantes.

1016. Nenhuma tentativa foi feita para estabelecer fatores-padrão de entrada e fatores de distribuição de saídas para essa subcategoria.

5.5.9 COSMÉTICOS E PRODUTOS AFINS

5.5.9.1 Descrição da subcategoria

1017. O mercúrio tem sido usado em cremes e sabonetes para clareamento da pele e como conservante em alguns cosméticos para os olhos. Esses produtos são raros ou inexistentes em alguns países. Sua produção e seu uso caíram significativamente no Ocidente durante as últimas décadas. No entanto, em outros países tanto a produção como o uso persistem. As liberações podem ocorrer durante a produção, o uso e a destinação desses produtos (UNEP, 2002 e CAGI, 2002).

5.5.9.2 Principais fatores determinantes de liberações de mercúrio e saídas de mercúrio

Tabela 5-152 Principais liberações e meios receptores durante o ciclo de vida de cosméticos e produtos afins contendo mercúrio

Fase do ciclo de vida	Ar	Água	Solo	Produtos	Resíduos em geral	Tratamento/destinação específica por setor
Produção	?	?		X	?	x
Uso		X				
Destinação					x	X

Notas: X – Vias de liberação que deverão predominar para a subcategoria.
x - Outras vias a serem consideradas, dependendo da fonte específica e da situação nacional.
? – Podem ocorrer liberações, mas não há dados disponíveis a esse respeito.

5.5.9.3 Discussão de entradas de mercúrio

Tabela 5-153 Visão geral de dados de taxa de atividade e tipos de fator de entrada de mercúrio necessários para estimar liberações provenientes de cosméticos e produtos afins contendo mercúrio

Fase do ciclo de vida	Dados de taxa de atividade necessários	Fator de entrada de mercúrio
Uso	Toneladas de cosméticos usados contendo mercúrio	g de mercúrio por tonelada de cosméticos usados

1018. O sabonete e o creme devem ser aplicados na pele e deixados secar durante a noite. Os sabonetes contêm até 3% de iodeto de mercúrio (HgI_2) e os cremes até 10% de mercúrio amoniacal (OECD, 1994).

1019. O uso de cosméticos para clareamento da pele é generalizado em muitos países africanos. Aproximadamente 25% das 210 mulheres entrevistadas em Bamako, no Mali, usavam agentes clareadores da pele (Mahe et al., 1993). Entre estas, 11% usavam produtos com mercúrio adicionado, enquanto 16% usavam agentes de composição desconhecida. Em Dacar, no Senegal, 53% das 425 mulheres entrevistadas eram usuárias correntes de algum agente de branqueamento da pele. 10% dos produtos continham iodeto de mercúrio e 13% eram de composição desconhecida (GUIDICE e YVE, 2002). Em Lagos, na Nigéria, 77% dos 440 comerciantes entrevistados (mulheres e homens) se declararam usuários de cosméticos para o clareamento da pele (ADEBAJO, 2002). Os produtos à base de hidroquinona eram os de uso mais comum, mas os corticosteroides e os produtos à base de mercúrio também eram amplamente usados.

1020. Em uma pesquisa com 536 mulheres em Lomé, no Togo, os derivados de mercúrio eram o ingrediente ativo em 31% dos cosméticos usados. (PITCHE et al., 1997). No Quênia, amostras de 14 tipos de sabonete foram coletadas e analisadas em Kisumu (HARADA et al., 2001). Os sabonetes de fabricação europeia analisados continham 0,47-1,7% de mercúrio (como iodeto de mercúrio), enquanto o teor de mercúrio nos sabonetes de fabricação nacional apresentou um nível de conteúdo residual. Glahder et al. (1999) relatam a análise de mercúrio em três marcas de sabonetes comprados na Tanzânia. Segundo os rótulos, os sabonetes continham 2% de iodeto de mercúrio. O teor das amostras analisadas foi de 0,69% (como mercúrio); cerca de 78% do teor declarado.

1021. O uso de cosméticos contendo mercúrio foi proibido nos últimos anos em muitos países africanos, e o uso generalizado de cosméticos contendo mercúrio, hoje, pode não ocorrer em alguns dos países mencionados acima.

1022. O uso de sabonete contendo mercúrio para clareamento da pele também pode ocorrer em países europeus, apesar da ampla proibição da UE. Em uma pesquisa realizada em 2000, a EPA dinamarquesa encontrou sete tipos de sabonetes contendo mercúrio comercializados na Dinamarca (Danish EPA, 2000). Os sabonetes continham 1-3%de iodeto de mercúrio.

1023. Anteriormente, uma quantidade significativa de mercúrio era usada na Europa para a produção de cosméticos contendo mercúrio, que eram exportados para outras partes do mundo. Por exemplo, a Irlanda importou 17 toneladas de mercúrio em 1999 para uso em sabonetes, que foram posteriormente exportados da UE (Maxson, 2004). A produção de cosméticos contendo mercúrio foi proibida em 2003, nos termos do Anexo 5 do Regulamento da UE que implementou a Convenção de Rotterdam.

1024. É possível que biocidas de mercúrio sejam usados em alguns produtos cosméticos para os olhos, em concentrações muito baixas.

1025. Não foi possível identificar estimativas do consumo total de mercúrio com cosméticos em nenhum país. O uso de cosméticos contendo mercúrio é uma questão de saúde para as pessoas que usam esses cosméticos. Assim, embora seja difícil obter dados sobre liberações nesse uso – e estas provavelmente serão pequenas, se estimadas -, as implicações de saúde decorrentes desse uso podem merecer atenção prioritária.

Exemplos de mercúrio em liberações e rejeitos/resíduos

1026. Não foi possível identificar quaisquer avaliações do destino do mercúrio usado em cosméticos. Supõe-se que a via principal de liberação seja a água, quando os cosméticos são removidos por lavagem. Uma pequena parte deixada nos tubos e recipientes possivelmente é destinada com resíduos em geral.

5.5.9.4 Fatores de entrada e fatores de distribuição de saídas

1027. Devido à falta de dados, não foram estabelecidos fatores-padrão para a produção de cosméticos e seus ingredientes. Por razões semelhantes, não foram estabelecidos fatores-padrão para outros cosméticos além dos produtos para clareamento da pele. Na ausência de dados de distribuição de saídas locais, os fatores-padrão de distribuição de saídas pré-inseridos na planilha IL2 para a produção podem ser usados. Esses fatores foram baseados em dados limitados disponíveis para termômetros e pilhas e baterias, presumindo-se algumas semelhanças na manipulação do mercúrio, etc.

1028. Com base nas informações compiladas acima sobre entradas e saídas e os principais fatores determinantes das liberações, sugerem-se os seguintes fatores-padrão preliminares de

entrada e distribuição para o uso de cremes e sabonetes para clareamento da pele, nos casos em que dados por fonte específica não estiverem disponíveis. Cabe destacar que os fatores-padrão sugeridos neste Toolkit baseiam-se em uma base de dados limitada e, como tal, deverão ser objeto de revisão na medida em que a base de dados aumentar.

1029. O objetivo principal do uso desses fatores-padrão é obter uma primeira impressão da relevância da subcategoria como fonte de liberação de mercúrio no país. Normalmente, as estimativas de liberações devem ser depuradas (após o cálculo com fatores-padrão), antes que qualquer ação de longo alcance seja tomada com base nas estimativas de liberação.

a) Fatores-padrão de entrada de mercúrio

1030. Os dados reais sobre os níveis de mercúrio nos cremes e sabonetes usados proporcionará melhores estimativas de liberações.

1031. Se não houver outras indicações sobre a concentração de mercúrio nesses cosméticos, uma primeira estimativa pode ser obtida usando-se os fatores-padrão de entrada selecionados na tabela 5-148 abaixo (com base nos conjuntos de dados apresentados nesta seção). Como as concentrações variam muito, recomenda-se calcular e informar os intervalos para as entradas de mercúrio nessa categoria de fonte. Os fatores-padrão mínimos foram definidos para indicar uma estimativa mínima para a entrada de mercúrio nessa categoria de fonte (mas não o mínimo absoluto), e o fator máximo deverá resultar em uma estimativa máxima (mas não o máximo absoluto).

Tabela 5-154 Fatores-padrão preliminares de entrada para cosméticos e produtos afins contendo mercúrio

Material	Fatores-padrão de entrada; g Hg/ton de creme/sabonete; (mínimo - máximo)
Cremes e sabonetes para clareamento da pele contendo mercúrio	10.000 – 50.000

b) Fatores-padrão de distribuição de saídas de mercúrio

1032. Os seguintes fatores-padrão de distribuição de saída de mercúrio provenientes de cremes e sabonetes para clareamento da pele são baseados em suposições de uso e destinação.

Tabela 5-155 Fatores-padrão preliminares de distribuição de saídas de mercúrio para uso e destinação de cosméticos contendo mercúrio

Fase do ciclo de vida	Fatores-padrão de distribuição de saídas, parcela de entradas de Hg				
	Ar	Água	Solo	Resíduos em geral	Tratamento/ destinação específico por setor
Uso e destinação de cosméticos contendo mercúrio		0,95	0,05		

c) Ligações com outras fontes de estimativa de mercúrio

1033. Não há sugestão de ligações.

5.5.9.5 Principais dados por fonte específica

1034. Nesse caso, os principais dados por fonte específica seriam:

- Concentrações de mercúrio em cosméticos contendo mercúrio; e
- Quantidades de cosméticos contendo mercúrio usadas anualmente.

5.6 Outros usos intencionais em produtos/processos

Tabela 5-156 Outros usos intencionais em produtos/processos: subcategorias com principais vias de liberação de mercúrio e abordagem de inventário recomendada

Capítulo	Subcategoria	Ar	Água	Solo	Produto	Rejeitos/resíduo	Principal abordagem de inventário
5.6.1	Obturações dentárias com amálgama	x	X		X	X	AG
5.6.2	Manômetros e medidores de pressão arterial	x	X	x	X	X	AG
5.6.3	Produtos químicos e equipamentos de laboratório com mercúrio	x	X		X	X	AG
5.6.4	Uso de mercúrio metálico em rituais religiosos e medicina tradicional	X	X	X	X	X	AG
5.6.5	Usos de produtos diversos, usos de mercúrio metálico e outras fontes	X	X	X	X	X	AG

Notas: FP = abordagem por fonte pontual
AG = abordagem geral/nacional
X – Via de liberação que se espera que seja predominante na subcategoria.
x – Outras vias de liberação a serem consideradas em função da situação nacional e da fonte específica.

5.6.1 OBTURAÇÕES DENTÁRIAS COM AMÁLGAMA

5.6.1.1 Descrição da subcategoria

1035. As restaurações dentárias de amálgama consistem de uma liga de mercúrio, prata, cobre e estanho (teor típico de mercúrio de 44-51% do peso). A liga é geralmente fornecida aos dentistas: 1) como mercúrio puro, junto com uma mistura em pó dos outros metais, que são pesados e misturados em um agitador no consultório; ou 2) em pequenas cápsulas onde o mercúrio e o pó metálico estão presentes na fórmula correta e apenas precisam ser misturados (na cápsula, antes de abri-la) no consultório, antes de ser colocado na cavidade dentária (CAGI, 2002). Outras variantes dos mesmos princípios podem ocorrer.

1036. O mercúrio é liberado no ar, na água e em resíduos durante a produção, o uso e a destinação das restaurações de amálgama (tal como após a remoção de restaurações ou dentes contendo restaurações durante procedimentos médicos/odontológicos, ou com a perda de dentes). Além disso, as liberações podem ocorrer no final da vida de uma pessoa que tenha restaurações. Por exemplo, os amálgamas dentários são um importante fator determinante de liberações de mercúrio no ar em crematórios (ver Seção 5.10.1).

1037. Nos consultórios odontológicos, parte da restauração de amálgama mista é aplicada na cavidade dentária, mas sempre sobra uma certa quantidade não usada, que é frequentemente recolhida para a destinação de resíduos ou reciclagem (especialmente devido ao valor da prata). Muitas vezes, a restauração é ajustada na superfície, liberando um pouco de partículas de amálgama no sistema de águas residuais. Também na renovação rotineira de restaurações de amálgama, a restauração antiga é retirada e partículas de amálgama são levadas para o sistema de águas residuais. Em geral, as partículas de amálgama maiores resultantes dessas operações ficam retidas em um filtro de malha do sistema de sucção de água, onde podem ser recuperadas para a destinação de resíduos ou reciclagem. Em países com normas rígidas para o tratamento de águas residuais em consultórios odontológicos, estes podem dispor de um filtro central adicional que é muito mais eficaz do que o filtro de malha grossa na retenção do amálgama de mercúrio presente nas águas residuais. Além disso, dentes com restaurações de

amálgama podem ser extraídos no consultório e destinados como resíduos em geral ou coletados separadamente como resíduos perigosos, ou, ainda, enviados para reciclagem. Na Dinamarca, e talvez também em outros países, um número substancial de dentes extraídos é enviado para escolas de odontologia para o ensino prático da profissão (MAAG et al., 1996; SKÅRUP et al., 2003).

5.6.1.2 Principais fatores que determinam liberações de mercúrio e saídas de mercúrio

Tabela 5-157 Principais liberações e meios receptores durante o ciclo de vida de restaurações dentárias de amálgama

Fase do ciclo de vida	Ar	Água	Solo	Produtos	Resíduos em geral	Tratamento/destinação específico por setor *1
Produção/fornecimento de materiais para restaurações				X		
Preparações e procedimentos em consultórios odontológicos	x	X			X	X
Uso (enquanto na boca das pessoas)		X				
Destinação		X			X	X

Notas: *1: Coleta seletiva para tratamento como resíduos perigosos/médicos ou para reciclagem.

X – Via de liberação que deverá predominar para a subcategoria.

x - Outras vias de liberação a serem consideradas, dependendo da fonte específica e da situação nacional.

1038. Liberações de mercúrio poderiam ocorrer durante o processamento/embalagem de mercúrio e cápsulas nas instalações dos produtores/fornecedores, mas as liberações podem ser mínimas devido ao processamento simples. Não se conhece o uso de controles de emissões no processo de produção nos EUA. Pequenas frações de mercúrio são liberadas no ar em consultórios odontológicos.

1039. Os aspectos mais importantes que influenciam as liberações mercúrio a partir de amálgamas dentários são:

- As quantidades de amálgamas dentários usados por pessoa (per capita) no país, refletindo tanto a norma geral de atenção odontológica na população como a extensão do uso de materiais alternativos em restaurações dentárias (compostos de plástico, cerâmica ou coroas de ouro);
- A presença de modernos filtros de alta eficácia para amálgamas no sistema de águas residuais em consultórios odontológicos. Os filtros podem recolher entre 90-99,9% das entradas de amálgama em águas residuais. Se forem usados apenas filtros de malha grossa (peneira), a maior parte do amálgama – talvez 80-90%, com base nos estudos dinamarqueses - é perdida para o sistema público de águas residuais (ou liberada no meio ambiente na ausência desse tipo de sistema);
- O destino dos resíduos de amálgama (excesso de amálgamas de novas restaurações, em material filtrado recolhido e em dentes extraídos ou perdidos). Pode ser recolhido separadamente para reciclagem ou outras formas de tratamento como resíduos perigosos/médicos, ou destinado com resíduos em geral em aterros sanitários, incineração ou outro tratamento de resíduos existente no país.

1040. As perdas de mercúrio das restaurações durante o uso (enquanto ainda na boca) ocorrem continuamente a taxas muito baixas. Até recentemente, essas saídas de mercúrio eram consideradas insignificantes por alguns pesquisadores, mas um estudo realizado na capital da Suécia, Estocolmo, em 2001, indicou que cerca de 44% do total de entradas de mercúrio no tratamento de águas residuais tinham origem em restaurações de amálgama na boca, enquanto apenas cerca de 21% vinha das clínicas odontológicas (SÖRME e LAGERKVIST, 2002; SÖRME *et al.*, 2003). As estimativas de liberação de mercúrio a partir de amálgamas na boca dos habitantes foram baseadas em taxas de excreção de 60 µg/(dia*pessoa) com fezes e urina (citando Skare e Engquist, 1994), e não incluem as contribuições da

ingestão de alimentos (SÖRME e LAGER-KVIST, 2002;. Sörme *et al*., 2003). Esses resultados devem ser vistos no contexto em que outras fontes de entrada de mercúrio em águas residuais provavelmente são mínimas na Suécia, em comparação com muitos outros lugares do mundo (a Suécia é, talvez, um dos países onde o uso do mercúrio foi mais rigidamente regulamentado durante várias décadas).

5.6.1.3 Discussão de entradas de mercúrio

Tabela 5-158 Visão geral de dados de taxa de atividade e tipos de fator de entrada de mercúrio necessários para estimar liberações provenientes de restaurações dentárias de amálgama de mercúrio

Fase do ciclo de vida	Dados de taxa de atividade necessários	Fator de entrada de mercúrio
Produção de ingredientes	Mercúrio adquirido para produção por ano	Perda de mercúrio por Kg de mercúrio adquirido para produção
	Número de restaurações de amálgama feitas por ano ou População nacional	g de mercúrio usado para a preparação de restauração de amálgama ou Consumo estimado de mercúrio para restaurações de amálgama per capita
Uso (enquanto na boca das pessoas)	População nacional	Excreção estimada de mercúrio per capita, por ano
Destinação	Número de restaurações de amálgama feitas por ano há 10-20 anos ou População nacional	g de mercúrio usado para a preparação de restauração de amálgama ou Consumo estimado de mercúrio por restaurações de amálgama per capita há 10-20 anos

1041. Com base em dados da Dinamarca, dependendo do tamanho e do tipo de restauração, cerca de 0,4-1,2 g de mercúrio é usado por restauração, em média, incluindo o excesso de amálgama; cerca de 0,4 g de mercúrio para a restauração de uma superfície e cerca de 1,2 g para a restauração de três superfícies do dente. Com base em dados dinamarqueses detalhados sobre os tipos de restaurações efetivamente realizadas, o consumo médio de mercúrio por restauração é de cerca de 0,8 g de Hg/restauração (com base em MAAG et al., 1996, e SKÅRUP et al., 2003). Possivelmente, quantidades similares por restauração são usadas em outros países.

Tabela 5-159 Consumo anual de mercúrio informado para restaurações dentárias em países selecionados, total e por habitante *1

	Dinamarca 1983	Dinamarca 1993	Dinamarca 2001	Suécia 1991	Suécia 2003	Noruega 1995	Noruega 1999	EUA 1996
Consumo informado de mercúrio em restaurações de amálgama, Kg/ano	3100	1800	1200	1700	103	840	510	31000
População, milhões *2	5,4	5,4	5,4	8,9	8,9	4,5	4,5	281
Consumo anual de mercúrio em amálgamas dentários, g por habitante	0,57	0,33	0,22	0,19	0,01	0,19	0,11	0,11

Notas: *1 Dinamarca: Os amálgamas de mercúrio têm sido gradualmente substituídos por outros materiais de restauração. Desde 1994, restaurações de amálgama foram proibidas, exceto para dentes molares de adultos em superfícies com desgaste severo (SKÅRUP et al., 2003). Suécia: no início da década de 1990, uma mudança rápida para o uso de alternativas levou à queda no consumo de amálgamas; desde então, o consumo tem caído mais lentamente (KEMI, 1998). O número de amálgamas dentários e as quantidades de mercúrio usadas na Suécia caíram consideravelmente nos últimos 5-6 anos. Em 1997, foram vendidos 980 kg de mercúrio para amálgamas dentários; em 2003, 103 kg (KEMI, 2004). Noruega: Autoridade de Controle de Poluição norueguesa, citada por Maag et al (2001). EUA: foi informado um consumo de mercúrio para restaurações de amálgama quase constante entre 1980 e 1996 (SZNOPEK e GOONAN, 2000).

*2 World Fact Book da CIA (acessado em 2003 em http://www.odci.gov/cia/publications/factbook/index.html).

1042. Rothenburg e Katz (2011) sugeriram que basear a estimativa de entradas de mercúrio com amálgama dentário em fatores de entrada como mostrado acima, em combinação com números populacionais apenas, pode produzir estimativas demasiadamente elevadas para países com menor frequência de restaurações dentárias do que para os países desenvolvidos mencionados acima. Os autores sugeriram ajustar ainda mais essas estimativas de entrada de mercúrio com um fator que descreva o número de profissionais odontológicos presentes no país de interesse, em comparação com o número desses mesmos profissionais nos países dos quais o consumo de mercúrio per capita foi extraído. Esse ajuste foi aplicado no Inventário Nível 1 e também pode ser usado no Inventário Nível 2, se desejado; ver também Seção 5.6.1.5 abaixo. As últimas estimativas agregadas disponíveis do número de profissionais odontológicos na maioria dos países do mundo são informadas pela OMS (2006). O Anexo 8.4 deste Relatório de Referência mostra as estimativas da OMS da densidade de profissionais odontológicos por mil habitantes. No caso de alguns países, essas estimativas não existiam, e aproximações foram feitas aqui, como descrito nas notas do Apêndice. Alguns dados sobre profissionais odontológicos, em combinação com a descrição da OMS da base para as estimativas, indicam que os dados sobre profissionais odontológicos informados para alguns países podem estar sujeitos a erros de informação e princípios de estimativa (no contexto deste Toolkit). Densidades informadas de profissionais odontológicos abaixo do percentil de 20% para países não membros da OCDE (ou seja, alguns países em desenvolvimento) foram, portanto, substituídas pelo mesmo percentil de 20% no apêndice (ver apêndice).

1043. Em geral, as restaurações de amálgama têm uma vida útil de 10-20 anos (em dentes de adultos), o que significa que as saídas atuais de mercúrio devidas à destinação de restaurações "gastas", normalmente refletem o consumo há cerca de 10-20 anos. A NJ MTF pressupõe uma a vida média de cerca de 15 anos por restauração (NJ MTF, 2002).

5.6.1.4 Exemplos de mercúrio em liberações e rejeitos/resíduos

1044. Estudos dinamarqueses detalhados (SKÅRUP et al., 2003; MAAG et al., 1996) estimaram que, na Dinamarca, cerca de 60% dos amálgamas (novos) consumidos correspondem a restaurações, ao passo que cerca de 25% constituem excesso de amálgama (sempre se mistura uma quantidade um pouco maior do que a que é efetivamente usada) e cerca de 15% são sugados da boca do paciente e chegam a águas residuais (ou a um filtro) durante o processo de restauração e moldagem. O mesmo estudo estimou, com base em uma abordagem de equilíbrio de massa, que cerca de 70% do mercúrio em restaurações antigas foram retirados com broca e acabaram em águas residuais (ou nos resíduos que chegam aos filtros), enquanto cerca de 20% foram extraídos (principalmente no caso de adultos) ou perdidos (principalmente em de crianças) e chegaram a resíduos, e cerca de 10% permaneceram no corpo de pessoas falecidas e foram liberados no solo (em cemitérios) ou na atmosfera (na cremação) (CAGI, 2002). Em relação aos resíduos de amálgama que seguem as águas residuais produzidas nos consultórios odontológicos, estima-se que 80% das clínicas odontológicas na Dinamarca dispõem de filtros centrais de alta eficácia, que podem reter cerca de 95% dos resíduos de amálgama nas águas residuais, enquanto os demais 20% dos consultórios não dispõem desses filtros (Skårup et al., 2003). No caso dos consultórios com filtros de malha grossa apenas, e sem filtros de alta eficácia, estima-se que apenas 20-50% do mercúrio nas águas residuais são retidos nos filtros e destinados com resíduos perigosos, resíduos urbanos ou submetidos a reciclagem (com base em Skårup et al., 2003, e suas citações de Arenholt-Bindslev e Larsen, 1996).

1045. A NJ MTF informa que os testes de águas residuais provenientes de consultórios odontológicos em seis cidades dos EUA e uma cidade europeia sugerem uma liberação média de cerca de 0,1 g de mercúrio por dentista, por dia (Bill Johnson, 1999, citado em NJ MTF de 2002). No entanto,

os dados indicam que a quantidade liberada por cada dentista varia consideravelmente (MTF NJ, 2002). Um estudo realizado em Massachusetts, nos EUA (MWRA, 1997), estimou que cada instalação liberou diariamente entre 0,06 e 0,34 g de mercúrio em águas residuais (MWRA,1997, citado em NJ MTF, 2002).

1046. Alguns consultórios odontológicos dispõem de filtros que recolhem diferentes frações de mercúrio nas águas residuais do consultório (até cerca de 95%). O excesso de amálgama e, às vezes, frações do filtro podem ser recolhidas e processadas para recuperação da prata. A quantidade de mercúrio descartada por um consultório odontológico depende de vários fatores, incluindo o uso de filtros (ou "armadilhas na cadeira odontológica"). Um estudo informa um descarte médio de 2 g de mercúrio por dentista por dia na ausência de filtros (DRUMMOND et al., 1995, citado em NJ MTF, 2002). Com o uso de armadilhas na cadeira odontológica, cerca de 60-70% do mercúrio são capturados, evitando-se sua liberação em águas residuais (NJ MTF, 2002). Algumas instalações também usam sistemas de filtros adicionais, tais como filtros de vácuo ou separadores de ar/água que recolhem partículas menores de mercúrio (NJ MTF, 2002).

1047. Em NJ, o material contaminado com mercúrio capturado por armadilhas e outros dispositivos de controle é normalmente liberado em RSU ou reciclado (MTF NJ, 2002).

1048. A quantidade total de mercúrio usada na indústria odontológica nos EUA em 1995 foi de 32 toneladas (PLACHY, 1996, citado em US EPA, 1997a). Um relatório de Perwak et al. (1981) estimou que 2% do mercúrio usado em aplicações dentárias é emitido para a atmosfera (a partir das clínicas). Usando-se o valor de 2%, as emissões de mercúrio em 1995 foram estimadas em 0,64 tonelada nos EUA (US EPA, 1997a).

1049. Há liberações lentas de vapores de mercúrio elementar durante todo o tempo de vida da restauração, que podem ser liberados diretamente no ar ou acabar em dejetos humanos (urina e fezes) (Barr, 2001).

1050. Além do acima mencionado, os amálgamas de mercúrio também levam a liberações significativas durante os processos de cremação (descrito na seção 5.10.1) e nos cemitérios (ver seção 5.10.2).

5.6.1.5 Fatores de entrada e fatores de distribuição de saídas

1051. Com base nas informações compiladas acima sobre entradas e saídas e principais fatores determinantes de liberações, sugerem-se os seguintes fatores-padrão preliminares de entrada e distribuição para uso nos casos em que dados por fonte específica não estejam disponíveis. Ressalte-se que os fatores-padrão sugeridos neste Toolkit estão fundamentados em uma base de dados limitada e, como tal, devem ser considerados sujeitos a revisões na medida em que o banco de dado aumentar.

1052. O objetivo principal do uso desses fatores-padrão é obter uma primeira impressão da relevância da subcategoria como fonte de liberação de mercúrio no país. Normalmente, as estimativas de liberações devem ser depuradas (após o cálculo com fatores-padrão), antes que qualquer ação de longo alcance seja tomada com base nas estimativas de liberação.

1053. Devido à falta de dados, não é possível estabelecer fatores-padrão para a produção e o fornecimento dos ingredientes do amálgama.

a) Fatores-padrão de entrada de mercúrio

1054. Os dados reais sobre o número de restaurações de amálgama preparados anualmente proporcionarão melhores estimativas de liberações. Esse número pode ser multiplicado com a

quantidade média de mercúrio usada por restauração: 0,8 g de Hg/restauração, como descrito acima para a situação dinamarquesa.

1055. Na ausência de informações sobre o número de restaurações de amálgama preparadas anualmente, uma primeira estimativa pode ser obtida usando-se os fatores-padrão de entrada selecionados na tabela 5-153 abaixo (com base nos conjuntos de dados apresentados nesta seção). Como o consumo varia muito, recomenda-se calcular e informar os intervalos para as entradas de mercúrio nessa categoria de fonte. Os fatores-padrão mínimos foram estabelecidos para indicar uma estimativa mínima para a entrada de mercúrio na categoria de fonte (mas não o mínimo absoluto), e o fator máximo resultará em uma estimativa máxima (mas não o máximo absoluto).

Tabela 5-160 Fatores-padrão preliminares de entrada para o uso de mercúrio na preparação de restaurações dentárias de amálgama

	Fatores -padrão de entrada; g de mercúrio consumidos por habitante, por ano; (mínimo - máximo)
Mercúrio usado anualmente para preparações de amálgamas dentários	0,05 – 0,2

1056. Cabe observar que, caso se deseje usar os fatores-padrão acima em combinação com ajuste para o número de profissionais odontológicos no país, como descrito acima na Secção 5.6.1.3, recomenda-se usar o fator padrão de entrada máximo (0,2 g de mercúrio consumido por habitante, por ano), multiplicado pela densidade estimada de profissionais odontológicos do país (como mostrado no Anexo 8.4) e dividido pela densidade de profissionais odontológicos da Dinamarca. Essa abordagem é usada na planilha do Inventário Nível 1 (automaticamente) e foi implementada como opção também na planilha do Inventário Nível 2 (manualmente). Note-se que o Anexo 8.4 também inclui dados sobre a população da maioria dos países do mundo.

b) Fatores-padrão de distribuição de saídas de mercúrio

1057. Os fatores-padrão de saídas definidos a seguir baseiam-se, principalmente, nos dados dinamarqueses acima, uma vez que fornecem conjuntos de dados correlacionados de entrada e saída e estão fundamentados em pesquisas detalhadas.

1058. Note-se que as saídas de mercúrio devem ser calculadas com base nas entradas de mercúrio com restaurações dentárias em momentos diferentes (como mostra a tabela abaixo), para as diferentes fases do ciclo de vida das restaurações de amálgama, devido à sua longa duração. Caso se saiba que o fornecimento de mercúrio para a preparação de restaurações de amálgama foi relativamente constante ao longo dos últimos 20 anos, os dados de fornecimento atual podem ser usados como uma aproximação das entradas.

1059. Devido à variação nas rotinas de destinação de resíduos entre países, decidiu-se aplicar uma distribuição artificial uniforme entre os tipos de resíduos, a fim de indicar a possibilidade de que saídas significativas de mercúrio podem ocorrer por ambas as vias. Caso haja mais informações específicas sobre as práticas de gestão de resíduos, podem ser feitos ajustes individuais para os cálculos. Em países com uma ausência generalizada de práticas especiais de gestão para resíduos perigosos ou médicos, a saída total para os resíduos deve ser provavelmente atribuída a “resíduos em geral”.

Tabela 5-161 Fatores-padrão preliminares de distribuição de saídas de mercúrio para amálgamas dentários

Fase do ciclo de vida	Fatores-padrão de distribuição de saídas, parcela de entrada de Hg					
	Ar	Água	Solo *1	Produtos 2*	Resíduos em geral *1	Tratamento/destinação específica por setor *1
Preparações de restaurações dentárias em consultórios odontológicos (parcela de fornecimento atual de mercúrio para restaurações de amálgama)	0,02	0,14		0,6	0,12	0,12
Uso – de restaurações na boca (parcela de fornecimento de mercúrio para restaurações há 5-15 anos) *3		0,02				
Destinação – via consultórios e domicílios e por morte (parcela de fornecimento de mercúrio para restaurações há 10-20 anos) *4:						
Em países onde a maioria das clínicas odontológicas está equipada com filtros de amálgama de alta eficácia (taxa de retenção de 95%)		0,02		0,06	0,26	0,26
Em países onde apenas filtros/coadores de malha de cadeira odontológica são usados na maioria dos consultórios		0,3	0,08	0,06	0,08	0,08

Notas: *1 Como as rotinas de destinação de resíduos variam muito entre os países, optou-se por apresentar uma distribuição artificial e uniforme entre os tipos de resíduos, para indicar a possibilidade de que saídas de mercúrio significativas podem ocorrer através dessas duas vias. O tratamento específico por setor pode ser a reciclagem, a destinação como resíduos perigosos, ou a destinação como resíduos de serviços de saúde.

*2 Para a preparação de restaurações: as restaurações de fato quando nos dentes. Para a fase de destinação, o mercúrio liberado com "produtos" é o mercúrio que permanece nas restaurações no momento da morte das pessoas; esse mercúrio será liberado em cemitérios ou por meio de cremação.

*3 Essa é uma estimativa muito aproximada de liberações de mercúrio a partir de restaurações dentárias na boca, baseada nos dados da Suécia descritos acima (com base em Sörme e Lagerkvist, 2002; Sörme et al., 2003; e sua citação de Skare e Engquist, 1994); a conversão de quantidades na boca para Hg é baseada nos dados da Dinamarca (ver acima), indicando que 60% do fornecimento de Hg para restaurações dentárias acaba nas restaurações já colocadas, enquanto 40% são perdidos durante a preparação das restaurações.

*4 Os fatores aqui refletem que apenas cerca de 60% dos fornecimentos originais foram integrados às restaurações quando estas foram realizadas.

c) Ligações com outras fontes de estimativa de mercúrio

1060. Não há sugestões de ligações.

5.6.1.6 Principais dados por fonte específica

1061. Os dados mais importantes para essa fonte específica poderiam ser alguns ou todos os seguintes:

- Dados sobre a quantidade total de mercúrio usada no setor odontológico no país; ou
- Dados sobre a quantidade média de mercúrio usada por cada dentista, por ano;
- Dados sobre o percentual de consultórios odontológicos que usam filtros de amálgama de alta eficácia;
- Número médio de restaurações por pessoa em um país (como indicação dos padrões gerais de cuidados odontológicos); e
- Dados sobre a distribuição de resíduos de amálgama dentário provenientes de consultórios odontológicos entre resíduos em geral, resíduos recicláveis, resíduos perigosos e resíduos de serviço de saúde.

5.6.2 MANÔMETROS E MEDIDORES DE PRESSÃO ARTERIAL

5.6.2.1 Descrição da subcategoria

1062. O mercúrio é usado em alguns medidores de pressão arterial, manômetros industriais e meteorológicos e válvulas de pressão (UNEP, 2002). Os medidores de pressão arterial provavelmente são fornecidos principalmente com mercúrio no produto. No caso de válvulas de pressão em sistemas de calefação urbana e usos educacionais, o mercúrio metálico usado é muitas vezes fornecido separadamente e não como integrado ao produto. O mercúrio pode ser fornecido durante o período de uso de todos os tipos mencionados e pode ser destinado com os dispositivos ou separadamente. Há alternativas sem mercúrio para todos os usos, que estão gradualmente substituindo os equivalentes com mercúrio em alguns países (Maag et al., 1996, citado por CAGI, 2002). Cabe notar que pode ser difícil distinguir a quantificação de mercúrio fornecido separadamente para esses usos de outras formas de consumo de mercúrio metálico (CAGI, 2002).

5.6.2.2 Principais fatores determinantes de liberações de mercúrio e saídas de mercúrio

Tabela 5-162 Principais liberações e meios receptores durante o ciclo de vida de manômetros e medidores de pressão arterial contendo mercúrio

Fase do ciclo de vida	Ar	Água	Solo	Produtos	Resíduos em geral	Tratamento/ destinação específico por setor
Produção	x	x		X	x	x
Uso	x	X	x			
Destinação					X	X

Notas: X – Via de liberação que deverá predominar para a subcategoria.
x – Outras vias de liberação a serem consideradas, dependendo da fonte específica e da situação nacional.

1063. Como é o caso de outros produtos contendo mercúrio, as liberações podem ocorrer: 1) a partir da produção de medidores/manômetros fornecidos com mercúrio (no ar, na água e no solo), dependendo do grau de proteção dos sistemas de fabricação e das práticas relativas ao mercúrio nos locais de trabalho de cada instalação produtiva; 2) por quebra ou perda de mercúrio de medidores/manômetros (no ar, na água/águas residuais, solo) durante o uso; e 3) durante a destinação do mercúrio com ou sem manômetros/medidores/válvulas após seu uso (diretamente no solo ou em aterro sanitário e posteriormente na água e no ar), dependendo dos tipos e da eficácia dos procedimentos de gestão de resíduos (CAGI, 2002).

a) Discussão de entradas de mercúrio

Tabela 5-163 Visão geral de dados de taxa de atividade e tipos de fator de entrada de mercúrio necessários para estimar liberações provenientes de manômetros e medidores de pressão arterial

Fase do ciclo de vida	Dados de taxa de atividade necessários	Fator de entrada de mercúrio
Produção	Mercúrio fornecido para produção anualmente	Não relevante (= 1)
Uso	Número de dispositivos fornecidos anualmente	Quantidade de mercúrio em cada tipo de dispositivo
Destinação	Número de dispositivosdestinados anualmente	Quantidade de mercúrio em cada tipo de dispositivo

1064. O grupo de produtos é muito diverso e há um grande número de diferentes equipamentos. No entanto, há muito poucas informações disponíveis sobre o teor real de mercúrio nos equipamentos.

Exemplos de teores de mercúrio em manômetros e medidores de pressão arterial em diferentes países/regiões são apresentados na tabela abaixo. Os teores de mercúrio variam de cerca de 70 g em medidores de pressão arterial para uso médico a várias centenas de quilos de mercúrio em válvulas de pressão para instalações de calefação urbana.

Tabela 5-164 Exemplos de teores de mercúrio em manômetros e medidores de pressão arterial em g de mercúrio por item, por tipo e origem dos dados

Tipo de equipamento	Teor de mercúrio no equipamento (g de Hg/item)	País/região de origem dos dados	Observações
Medidores de pressão arterial para uso médico	85	União Europeia	Floyd et al., 2002
	70	Dinamarca	Skårup et al., 2003
Manômetros	até 150	União Europeia	Floyd et al., 2002
Manômetros em forma de U	70-140	Dinamarca	Maag et al., 1996
Manômetros para sistemas de ordenha	354	Minnesota	MTAP, 2003
Manômetros e barômetros usados para medir a pressão atmosférica	100 - 500	EUA	US EPA, 2003c
Barômetros	40-1.000	União Europeia	Floyd et al., 2002
	590-2.200	Rússia	Yanin, 2004
Manômetros ambientais	3.000	União Europeia	Floyd et al., 2002
Válvulas de pressão em instalações de calefação urbana	100.000-600.000	Dinamarca	Maag et al., 1996
Medidores de pressão	211; 1683	Rússia	Yanin, 2004

1065. Outros manômetros e medidores de pressão arterial com mercúrio: inclui os demais manômetros e medidores de pressão arterial na categoria. Um fator padrão de entrada pode ser baseado em Floyd et al. (2001), presumindo-se que aproximadamente duas toneladas da quantidade incluída no grupo de produtos "outros equipamentos de medição" do relatório seriam "outros manômetros e medidores de pressão arterial com mercúrio". Isso corresponde a cerca de 0,005 g de Hg por habitante, por ano, nos países europeus incluídos. Exemplos de mercúrio em liberações e rejeitos/resíduos.

1066. O mercúrio pode ser liberado de manômetros e válvulas durante o uso e muitas vezes é necessário completar os níveis de mercúrio com recargas. Está demonstrado que o mercúrio liberado, a partir de válvulas de mercúrio, com várias centenas de kg de mercúrio em cada uma, em instalações de calefação urbana, constituem importantes fontes do mercúrio encontrado em muitas estações de tratamento de resíduos municipais na Dinamarca (MARKMANN et al., 2001).

5.6.2.4 Fatores de entrada e fatores de distribuição de saídas

Medidores de pressão arterial médica (esfigmomanômetros de mercúrio): sugere-se que esses manômetros sejam quantificados separadamente, uma vez que dados sobre a venda de medidores de pressão arterial podem estar mais facilmente disponíveis. Presume-se que as saídas sejam distribuídas da mesma forma que para termômetros médicos.

1067. Na ausência de informações sobre o teor de mercúrio nos manômetros e medidores de pressão arterial usados, uma primeira estimativa pode ser obtida usando-se os fatores-padrão de entrada selecionados na tabela abaixo (com base nos conjuntos de dados apresentados nesta seção).

1068. Note-se que estes números se referem apenas aos produtos com mercúrio. Ao quantificar os fornecimentos anuais de medidores de pressão, deve-se estar ciente de que muitos indicadores

sem mercúrio são vendidos (medidores de pressão eletrônicos), de forma que são necessárias informações específicas sobre o fornecimento de medidores com mercúrio.

Tabela 5-165 Fatores-padrão preliminares de entrada de mercúrio para medidores médicos de pressão arterial

Tipo de produto	Teor de mercúrio (g de Hg/item)
Medidores médicos de pressão arterial	70-85

Tabela 5-166 Fatores-padrão preliminares de entrada de mercúrio para outros manômetros e medidores de pressão arterial

Tipo de produto	Consumo de mercúrio por habitante (g de Hg/habitante)
Outros manômetros e medidores	0,005

Outros manômetros e medidores de pressão arterial com mercúrio: inclui os demais equipamentos na categoria. Um fator padrão de entrada extraído da experiência europeia é descrito no Relatório de referência como sendo de aproximadamente 0,005 g de Hg por habitante, por ano. Presume-se que as saídas sejam distribuídas da mesma forma que para os termômetros médicos.

1069. Os fatores-padrão de entrada são baseados nos dados de consumo dos países desenvolvidos e regiões descritos acima. Em países em desenvolvimento com parcelas substanciais da população sem acesso à eletricidade e, portanto, presumivelmente, com uma menor prevalência do que poderia ser amplamente denominado "instalações técnicas", a predominância dos tipos de produtos com adição de mercúrio em questão também pode ser menor em relação aos países desenvolvidos nos quais os fatores-padrão de entrada têm sua origem. Cabe observar, no entanto, que os produtos com adição de mercúrio são, em muitos casos, tecnologia antiga, em vias de serem substituídos por soluções eletrônicas. Em países dominados por tecnologias mais antigas, mas com acesso geral à eletricidade, a prevalência de produtos com adição de mercúrio pode ser tão alta quanto – ou até mesmo mais alta do que - nos países desenvolvidos.

1070. O nível mais baixo de desenvolvimento técnico pode, assim, ser ajustado multiplicando-se o número populacional usado nos cálculos da taxa de eletrificação avaliado pela AIE (multiplicar pela taxa de eletrificação em porcentagem e dividir por 100 por cento). As taxas de eletrificação estimadas para países em desenvolvimento selecionados a partir de 2009 são apresentadas no Anexo 8.4. Para os países sem qualquer estimativa da AIE, as taxas de eletrificação foram estimadas com base em outras fontes (ver detalhes no anexo). Essa abordagem é usada nas planilhas do Inventário Nível 1 (automaticamente) e foi implementada também como opção na planilha do Inventário Nível 2 (manualmente).

1071. Note-se que o Anexo 8.4 também inclui dados sobre a população da maioria dos países do mundo.

b) Fatores-padrão de distribuição de saídas de mercúrio

1072. Para ambos os subgrupos de produtos, presume-se que as saídas sejam distribuídas da mesma forma que os termômetros médicos, na ausência de informações mais específicas.

1073. Para a destinação, as saídas são extremamente dependentes das práticas de gestão de resíduos em cada um dos setores onde os termômetros de mercúrio são usados, e o fator-padrão fornecido abaixo são simplificações para indicar a possibilidade de que saídas de mercúrio

substanciais podem seguir cada uma das vias observadas. As quantificações dos fluxos de resíduos reais em cada um dos setores no país propiciarão um quadro mais relevante das saídas de mercúrio desse grupo de produtos. Na ausência desses dados quantitativos específicos, os fatores de distribuição apresentados na tabela abaixo podem ser usados.

1074 Note-se também que, nos fatores-padrão de distribuição de saídas de mercúrio mencionados aqui, o descarte ou a incineração informal de resíduos é quantificado como liberações diretas no ar, no solo e na água, conforme o caso. É preciso ter cuidado com a dupla contagem, se as estimativas de emissões de mercúrio também forem feitas separadamente para o descarte ou a incineração informal de resíduos.

Tabela 5-166 Fatores de distribuição de saída mercúrio padrão preliminares para uso e destinação de manômetros e medidores de pressão arterial

Fase do ciclo de vida	Fatores de distribuição de saída padrão, parcela de entrada de Hg				
	Ar	Água	Solo	Resíduos em geral	Tratamento/ destinação específico por setor *1
Produção *3	0,01	?	0,01	?	?
Durante o uso e a destinação (situação real da gestão de resíduos no país): *2					
Coleta seletiva de manômetros de mercúrio inexistente ou muito limitada. A totalidade ou a maioria dos resíduos em geral é coletada e tratada de uma forma publicamente controlada	0,1	0,3		0,6	
Coleta seletiva de manômetro de mercúrio inexistente ou muito limitada. A coleta ou o tratamento informal de resíduos em geral é generalizada ou inexistente.	0,2	0,3	0,2	0,3	
Altas taxas de coleta seletiva de manômetros de mercúrio. A totalidade ou a maioria dos resíduos em geral é coletada e tratada de uma forma publicamente controlada.	0,1	0,3		0,3	0,3
	0,1				

Notas: *1 Reciclagem ou deposição especial de mercúrio, por exemplo, destinação segura em minas antigas.

*2 As entradas de mercúrio na destinação são as quantidades de mercúrio nos tipos de produtos, combinadas com as quantidades destinadas dos respectivos tipos de produto. Se houver dados sobre o fornecimento anual em alguns anos anteriores (para os mesmos tipos de produto), estes podem ser usados como aproximações para as quantidades destinadas.

*3 Saídas na parcela de entradas de mercúrio na produção no país. Se não for possível obter as quantidades de mercúrio fornecidas para a produção, uma aproximação pode ser o teor de mercúrio nos produtos produzidos.

c) Ligações com outras fontes de estimativa de mercúrio

1075. As saídas estimadas para resíduos coletados seletivamente e resíduos sólidos urbanos nesta seção contribuem para a entrada de mercúrio em aterros sanitários/depósitos (Seção 5.9) e na incineração de resíduos (Seção 5.8).

1076. As saídas estimadas para reciclagem desta seção contribuem para a entrada de mercúrio na reciclagem do metal (Seção 5.7.1).

d) Principais dados de fontes específicas

1077. Nesse caso, os dados mais importantes de fontes específicas seriam:

- Números da produção nacional para medidores de pressão arterial contendo mercúrio;
- Consumo de medidores de pressão arterial contendo mercúrio para o setor hospitalar e médicos;
- Informações sobre a prevalência de manômetros e controles de pressão contendo mercúrio na indústria, etc.; e
- Estabelecimento e eficácia dos sistemas de gestão de resíduos em cada um dos setores em que medidores de pressão arterial contendo mercúrio são usados.

1078. Ver orientação sobre coleta de dados também na Seção 4.4.5.

e) Ligações com outras fontes de estimativa de mercúrio

1079. O mercúrio usado nessa subcategoria pode contribuir para as entradas de mercúrio no sistema de águas residuais, no tratamento de resíduos em geral e no tratamento de resíduos perigosos/médicos.

5.6.3 PRODUTOS QUÍMICOS E EQUIPAMENTOS DE LABORATÓRIO COM MERCÚRIO

5.6.3.1 Descrição da subcategoria

1080. O mercúrio é usado em instrumentos, reagentes, conservantes e catalisadores de laboratórios. Parte desse mercúrio é liberada no ar, principalmente por meio de sistemas de ventilação dos laboratórios. No entanto, a maior parte do mercúrio pode ser liberada em águas residuais ou destinada como resíduos perigosos ou resíduos sólidos urbanos.

1081. Exemplos de equipamentos e produtos químicos de laboratório contendo mercúrio são listados nas duas tabelas a seguir. Para muitos dos produtos químicos, o uso total de mercúrio é provavelmente muito baixo. O mercúrio pode ter sido substituído em alguns dos equipamentos e para alguns dos métodos de análise mencionados. No entanto, parece difícil substituir algumas análises padrão na prática - embora em muitos casos haja substitutos disponíveis - porque os padrões existem para melhorar a reprodutibilidade das práticas de análise e, portanto, favorecer as mais reconhecidas, e muitas vezes são também exigidos na regulação pública.

Tabela 5-167 Equipamentos de laboratório contendo mercúrio

Equipamento	Uso informado	Referência
Analisador de gases no sangue	Mercúrio em eletrodo de referência em analisador de gases no sangue Radiometer (marca)	Floyd et al., 2001
Eletrodos de mercúrio (calomel)	Eletrodo de referência em eletroquímica, por exemplo, para medir pH	Bjørnstad, 1992
Analisador de chumbo no sangue	Eletrodo analisador de chumbo ESA (marca) Modelo 2020B	Floyd et al., 2001
Eletrodo de gota de mercúrio	Potenciômetro	Bjørnstad, 1992
	Contagem e medição do tamanho de partículas microscópicas. O mercúrio pode estar em um medidor de pressão, interruptor 'liga-desliga', no medidor de tempo, no vacuômetro e, possivelmente, em outros aparelhos de medição, dependendo do modelo.	
Contador Coulter		Bjørnstad, 1992; SH, 2004
Coletor de amostras de petróleo offshore		Bjørnstad, 1992
Centrífugas	Os modelos mais antigos podem usar mercúrio em cápsulas de equilíbrio	NIH, 2004

Equipamento	Uso informado	Referência
Microscópio de elétrons	Mercúrio usado como amortecedor de vibrações	NIH, 2004
Termostatos	Variedade de aplicações	Ver seção XX
Termômetros, manômetros e outros equipamentos de medição	Variedade de aplicações	Ver seção XX, XX
Lâmpadas de mercúrio para absorção atômica de espectrofotômetros e outros equipamentos	Variedade de aplicações	Ver seção XX

Tabela 5-168 Produtos químicos de laboratório contendo mercúrio

Reagente/ composto de mercúrio	Uso informado	Referência
Sulfato de mercúrio, $HgSO_4$	Análises de demanda química de oxigênio (DQO)	Skårup *et al*., 2003
	Em eletroquímica laboratorial para a criação de cadeias eletroquímicas.	Lassen et al., 2004
	Fotômetro de chama	NIH, 2004
Cloreto de mercúrio, $HgCl2_2$	Ingrediente da solução de Zenker (72 g Hg / L) e B5 (37 g de Hg/L); fixador de tecidos para patologia, histologia	
	Ingrediente da solução de Hayemfor para a contagem de células vermelhas no sangue	Floyd *et al*, 2002
	Para a identificação de tirrol, para a determinação de sulfeto de dimetilo por nefelometria, para a determinação quantitativa da cisteína por titulação potenciométrica e como catalisador para hidroalogenação	Lassen *et al*., 2004
Cloreto de mercúrio, Hg_2Cl_2, calomel	Para a preparação de eletrodos de referência.	Lassen *et al*., 2004
Óxido de mercúrio, HgO	Catalisador para a detecção de nitrogênio em compostos orgânicos usando o método de Kjeldahl (outros catalisadores também podem ser usados)	Skårup *et al*., 2003
	Hematoxilina de Harris	NIH, 2004
Sulfato de mercúrio, $HgSO_4$ ou sua mistura com $CuSo_4$ ou Seo_2	Catalisador para a detecção de nitrogênio em compostos orgânicos usando o método de Kjeldahl	Lassen *et al*., 2004
Óxidos de mercúrio	Oxidantes em química preparatória; para determinar a titulação de ácidos; em síntese orgânica de laboratório; para obter alguns compostos nitrosos, hipocloritos, siloxanos orgânicos; para preparar eletrodos de referência.	Lassen *et al*., 2004
Mercúrio metálico	Em polarografia baseada no uso de gotejamento de mercúrio ou amálgama ou eletrodos indicadores; agente protetor para a determinação quantitativa de nitratos orgânicos; determinação de pureza de flúor e sua concentração em gases; criação de novos materiais supercondutores; desenvolvimento de novos dispositivos de descarga de gases; porometria de mercúrio (determinação de porosidade de diversos materiais e substâncias); eletroquímica de laboratório (colorimetria de mercúrio e conversores de dados eletroquímicos); para preparar eletrodos de referência.	Lassen *et al*., 2004
Compostos orgânicos de Hg	Para determinar dissulfeto orgânico; em síntese orgânica laboratorial; em química preparatória	Lassen *et al*., 2004
Reagente de Nessler (Solução alcalina $K_2[HgI_4]$	Enzima do teste de nitrogênio da ureia (Bun), nitrogênio não proteico.	NIH, 2004;
	Para detectar e determinar fotometricamente o amoníaco ($NH3$), para detectar alcoóis e aldeídos, para identificar (em papel e cromatografia em camada fina) hidroaminoácidos	Lassen *et al*., 2004

Reagente/ composto de mercúrio	Uso informado	Referência
Iodeto de mercúrio, HgI_2	Mancha histológica	SH, 2004;
	Agente protetor para a determinação quantitativa de nitratos orgânicos; componente de líquidos pesados usados em análise mineralógica para a distinção de minerais por densidade, - fluido Tule (solução aquosa de HgI2 + 2KI) e fluido Shoushin-Rorbach (BaI_2HgI_2 x nH_2O).	Lassen *et al*., 2004
Fluoreto de mercúrio, Hg_2F_2	Para preparar eletrodos de referência.	Lassen *et al*., 2004
Brometo de mercúrio, Hg_2Br_2	Para preparar eletrólitos	Lassen *et al*., 2004
Dibrometo de mercúrio HgBr+	Em eletroquímica laboratorial para preparar catodos para conversão de corrente concentrada	Lassen *et al*., 2004
Soluções aquosas $Hg(NO_3)_2$ ou $Hg(ClO_4)_2$	Como titulantes em mercurimetria (método de titulação de análise de ânions Cl-, Br-, SCN, CN-).	Lassen *et al*., 2004
Soluções aquosas, $Hg(NO_3)_2$	Como titulante em mercurimetria (método de titulação para detectar alogenetos).	Lassen *et al*., 2004
Nitrato de mercúrio, $Hg(NO_3)_2$	Determinação de cloretos no sangue.	Lassen *et al*., 2004
	Catalisador para a síntese de tetranitrometano	
	Corante tricômico em parasitologia	NIH, 2004
Tiocinato de mercúrio, $Hg(SCN)_2$	Reagente analítico em rodanometria e mercurimetria (também para determinar alogenetos, sulfatos, tiosulfatos e cianuretos)	Lassen *et al*., 2004
Fulminato de mercúrio, $Hg(ONC)_2$	Síntese de cetonas aromáticas usando a reação de Hoesh	Lassen *et al*., 2004
Reagente de Millon (solução HgNO3 e Hg(NO3)2 em HNO3 diluído, Com aditivo HNO_2)	Teste de proteína (contendo grupo fenol hidroxila)	NIH, 2004;
	Reações coradas para proteínas e fenois	Lassen *et al*., 2004
Acetato mercúrico, $(CH_3COO_2)Hg$	Usado em química quinolizidina	Lassen *et al*., 2004
$Hg(COOCH_3)_2$, $Hg(CN)_2$, HgO, $HgBr_2$	Catalisadores em reação de Koenigs-Knorr (síntese de glicosídeos e oligossacarídeos)	Lassen *et al*., 2004
Acetato fenólico mercúrico	Eletrodo seletivo de íons	SH, 2004
Hidróxido de metil-mercúrio, H_4HgO	Desnaturante na análise de polimorfismo em conformação de cadeia simples (SSCP) em produtos de PCR	
	Eletroforese em gel Precipitação de proteínas	NIH, 2004
Reagente Takata	Takata-Ara	NIH, 2004

1082. A monografia do mercúrio da OCDE (OECD, 1994) fornece informações sobre o uso do mercúrio por categoria em 13 países por volta de 1990. O uso em laboratório representou 2,7% do total de uso de mercúrio em todos os países. Para os países individuais, a parcela que representa o uso em laboratório variou de 0,2% na Bélgica (em 1990) para 14% na Alemanha (em 1985).

1083. Nos EUA, o mercúrio usado para produtos químicos de laboratório (reagentes e catalisadores) e equipamentos de laboratório diminuiu de cerca de 32 toneladas em 1990 para 20 toneladas em 1996 (SZNOPEK E GOONAN, 2000). O relatório estima que aproximadamente um terço do total foi usado em instrumentos de laboratório.

1084. Na Dinamarca, o uso de mercúrio com produtos químicos de laboratório diminuiu de cerca de 510 kg/ano em 1982/83 (HANSEN, 1985) para 20-40 kg/ano em 2001 (Skårup et al., 2003). A principal razão para a diminuição é a substituição de mercúrio para a análise de nitrogênio em compostos orgânicos pelo método Kjeldahl, que anteriormente representava a maior parte do total. Em 2001, o sulfato de mercúrio usado para análises de demanda química de oxigênio (DQO) respondeu pela maior parte do mercúrio usado com produtos químicos de laboratório.

1085. A análise de DQO representou, também na França, o uso principal em laboratório e informa-se que cerca de 900 kg de mercúrio foram usados anualmente somente para esse método de análise (AGHTM, 2000).

1086. Floyd et al. (2002) estimam que aproximadamente 100-200 kg de mercúrio foram usados em agentes químicos e reagentes em laboratórios e hospitais na UE (15) por volta do ano 2000. No entanto, considerando-se o uso de 20-40 kg somente na Dinamarca, a estimativa parece ser muito baixa.

1087. De acordo com Lassen et al. (2008), o consumo de mercúrio na UE com produtos químicos de laboratório e para o controle de produtos na indústria farmacêutica em 2008, nos 27 países da União Europeia, foi de 3-10 toneladas, correspondentes a 0,006-0,02 g de Hg/habitante. Nessa base, um fator padrão de entrada de 0,01 g de Hg/habitante pode ser calculado. Esse fator padrão pode ser usado onde não houver outros dados disponíveis.

1088. Na União Europeia, o principal uso do mercúrio para outros equipamentos de laboratório ocorre na análise de porosimetria e picnometria e eletrodos de gota de mercúrio. Lassen et al. (2008) estimaram o uso de mercúrio em laboratórios de porosimetria e picnometria em 2008 nos 27 países da UE em 10-100 toneladas, enquanto o uso de eletrodos de gota de mercúrio foi estimado em 0,1-0,5 toneladas. Informações posteriores indicaram que o consumo real para porosimetria e picnometria está mais provavelmente na extremidade inferior e, na melhor estimativa, 20 toneladas serão usadas. Nessa base, um valor padrão para outros equipamentos de laboratório é estimado em 0,04 g de Hg/habitante.

5.6.3.3 Principais fatores determinantes de liberações de mercúrio e saídas de mercúrio

Tabela 5-169 Principais liberações e meios receptores do uso de mercúrio em laboratórios

Fase do ciclo de vida	Ar	Água	Solo	Resíduos em geral	Tratamento/destinação específico por setor
Uso de mercúrio em laboratórios	x	X		X	X

Notas X – Via de liberação que deverá predominar para a subcategoria.
x – Outras vias de liberação a serem consideradas, dependendo da fonte específica e da situação nacional.

1089. Uma pequena parte do mercúrio pode ser emitida para o ar durante o uso nos laboratórios e liberadas nas redondezas por meio de exaustores de ar. A maior parte do mercúrio será destinada com os agentes usados. O destino do mercúrio depende dos sistemas de gestão de resíduos de laboratório no país. Os resíduos podem ser destinados para tratamento específico por setor, aterros sanitários ou descarregados no esgoto através da drenagem.

5.6.3.4 Discussão de entradas de mercúrio

Tabela 5-170 Visão geral de dados de taxa de atividade e tipos de fator de entrada de mercúrio necessários para estimar liberações provenientes de produtos químicos e equipamentos de laboratório

Dados de taxa de atividade necessários	Fator de entrada de mercúrio
Número/quantidade de dispositivos contendo mercúrio ou reagentes químicos fornecidos por ano	Quantidade de mercúrio em cada tipo de dispositivos ou reagentes químicos

5.6.3.4 Exemplos de mercúrio em liberações e rejeitos/resíduos

1090. Aproximadamente uma tonelada de mercúrio foi emitida para a atmosfera nos EUA, em 1994, proveniente de usos gerais de laboratórios (US EPA, 1997b). Para a estimativa, foi aplicado

um fator de emissão de 40 kg de mercúrio emitido para a atmosfera para cada tonelada de mercúrio usada em laboratórios. O fator de emissão baseou-se em uma avaliação relativamente antiga que adota um critério de engenharia e não em dados reais de testes. O fator é, portanto, considerado bastante incerto.

1091. Na Federação Russa, os laboratórios são obrigados a neutralizar os resíduos contendo mercúrio. Em geral, os resíduos são posteriormente transportados para aterros sanitários, mas laboratórios pequenos podem, após a neutralização, descarregar os resíduos de reagentes em uma solução fortemente diluída, no sistema de esgotos (LASSEN et al., 2004).

5.6.3.5 Fatores de entrada e fatores de distribuição de saídas

1092.Não foram definidos fatores-padrão comuns para essa subcategoria de fonte.

1093. No entanto, para produtos químicos de laboratório, um fator padrão preliminar de entrada pode ser baseado no consumo corrente na União Europeia, como descrito acima. Nessa base, um fator padrão de entrada de 0,01 g de Hg/habitante pode ser calculado. Esse fator padrão pode ser usado quando não houver outros dados disponíveis.

1094. Para outros equipamentos de laboratório, um fator padrão preliminar de entrada pode ser baseado no consumo corrente na União Europeia, como descrito acima. Nessa base, um valor padrão para outros equipamentos de laboratório é estimado em 0,04 g de Hg/habitante.

1095. Os fatores-padrão de entrada são baseados nos dados de consumo dos países desenvolvidos e regiões descritos acima. Em países em desenvolvimento com parcelas substanciais da população sem acesso à eletricidade e, portanto, presumivelmente, com uma menor prevalência do que poderia ser amplamente denominado “instalações técnicas”, a predominância dos tipos de produtos com adição de mercúrio em questão também pode ser menor em relação aos países desenvolvidos nos quais os fatores-padrão de entrada têm sua origem. Cabe observar, no entanto, que os produtos com adição de mercúrio são, em muitos casos, tecnologia antiga, em vias de serem substituídos por soluções eletrônicas. Em países dominados por tecnologias mais antigas, mas com acesso geral à eletricidade, a prevalência de produtos com adição de mercúrio pode ser tão alta quanto - ou até mesmo mais alta do que – nos países desenvolvidos.

1096. O menor acesso à energia elétrica pode ser ajustado multiplicando-se o número populacional usado nos cálculos pela taxa de eletrificação, conforme avaliada pela Agência Internacional de Energia (AIE). As taxas de eletrificação estimadas pela AIE para países em desenvolvimento selecionados a partir de 2009 são apresentadas no Anexo 8.4. Para s países sem estimativas da AIE, as taxas de eletrificação foram estimadas aqui, com base nos dados da AIE para países vizinhos, ou com base em outro conhecimento das regiões em questão (ver detalhes no anexo). Essa abordagem é usada na planilha do Inventário Nível 1 (automaticamente) e foi implementada como opção também na planilha do Inventário Nível 2 (manualmente).

1097. Ligações com outras fontes de estimativa de mercúrio – Cabe observar que o mercúrio usado nessa subcategoria pode contribuir para as entradas de mercúrio no sistema de águas residuais, no tratamento de resíduos em geral e no tratamento de resíduos perigosos/médicos.

5.6.4 USO DO METAL MERCÚRIO EM RITUAIS RELIGIOSOS E MEDICINA TRADICIONAL

5.6.4.1 Descrição da subcategoria

1098. O mercúrio é usado em certas práticas culturais e religiosas em algumas comunidades latino-americanas e afro-caribenhas, nos EUA, no México e, provavelmente, em outros países. Os

usos incluem carregá-lo em uma pequena bolsa selada ou no bolso, como amuleto, borrifá-lo no piso de casas ou automóveis, queimá-lo em velas e misturá-lo com perfumes. Nos EUA, o mercúrio para esses fins é comprado em herbanários (ou lojas similares). Várias pessoas recomendam o uso de mercúrio para atrair sorte no amor, dinheiro ou saúde e afastar o mal (Riley, et. Al., 2001 e NJ MTF, 2002).

5.6.4.2 Principais fatores determinantes de liberações de mercúrio e saídas de mercúrio

Tabela 5-171 Principais liberações e meios receptores durante o ciclo de vida do uso de mercúrio metálico em rituais religiosos e na medicina popular

Fase do ciclo de vida	Ar	Água	Solo	Produtos	Resíduos em geral	Tratamento/ destinação específico por setor
Preparação e distribuição em herbanários e outros estabelecimentos comerciais	X	X	X	X	X	
Uso	X	X	X		X	
Destinação	X	X	X		X	

Notas: X– Via de liberação que deverá predominar para a subcategoria.
x –Outras vias de liberação a serem consideradas, dependendo da fonte específica e da situação nacional.

1099. O mercúrio usado nessas práticas poderia finalmente ser liberado no ar, em águas residuais ou em RSU. Vapores de mercúrio são liberados se o mercúrio não estiver contido em recipientes fechados. Algumas práticas tais como borrifá-lo em casas e automóveis e, especialmente, queimá-lo em velas, aumentam a taxa de vaporização.

5.6.4.3 Discussão de entradas de mercúrio

1100. Em geral, o mercúrio é vendido em cápsulas contendo em média 8-9 gramas.

5.6.4.4 Exemplos de mercúrio em liberações e rejeitos/resíduos

1101. No que se refere aos métodos de destinação, um estudo (Johnson, 1999, citado em NJ MTF, 2002) identificou que 64% dos usuários de mercúrio informaram jogá-lo no lixo, 27% no vaso sanitário e 9% ao ar livre.

5.6.4.5 Fatores de entrada e fatores de distribuição de saídas

1102. Não foram definidos fatores-padrão para essa subcategoria de fonte.

1103. Ligações com outras fontes de estimativa de mercúrio – Cabe observar que o mercúrio usado nessa subcategoria pode contribuir para as entradas de mercúrio no sistema de águas residuais, no tratamento de resíduos em geral e para as liberações diretas no meio ambiente.

5.6.5 USOS DE PRODUTOS DIVERSOS, USOS DE MERCÚRIO METÁLICO E OUTRAS FONTES

1104. As fontes discutidas abaixo são mencionadas por serem conhecidas como possíveis fontes de uso e liberação de mercúrio. No entanto, este Toolkit não fornece descrições, dados amostrais ou outras informações sobre essas fontes, devido à escassez de dados e aos recursos limitados para a pesquisa de dados. Se essas fontes são identificadas no país, investigações específicas

devem ser realizadas para coletar dados sobre consumo, uso, vias de liberação e destinação que permitam quantificar as liberações no meio ambiente:

- Semicondutores de detecção infravermelha, em que o mercúrio faz parte da estrutura de cristal. Esses dispositivos têm diversos usos de luz infravermelha (IV) como, por exemplo, visão noturna e análise espectroscópica IV;
- Tubos Bougie e tubos Cantor;
- Usos educativos;
- Giroscópios com mercúrio;
- Bombas de vácuo com mercúrio;
- Uso de mercúrio como refrigerante em alguns sistemas de resfriamento;
- Faróis (luzes de navegação marítima; em alguns tipos de faróis, a lente/lâmpada flutua com o mercúrio);
- Mercúrio em grandes peças mecânicas de rolamento como, por exemplo, antigas instalações de tratamento de águas residuais;
- Curtume;
- Pigmentos;
- Escurecimento e gravação de aço;
- Alguns tipos de papel fotográfico para impressão colorida;
- Amortecedores de ricochete em rifles;
- Explosivos (fulminato de mercúrio a.o.);
- Fogos de artifício;
- Brinquedos para executivos.

1105. Quantidades significativas de mercúrio podem ser encontradas em tubos Bougie e tubos Cantor de uso médico em hospitais. (FLOYD et al., 2002). O tubo Bougie é um instrumento com pesos de mercúrio usado para 'dilatar' uma abertura no esôfago quando há tumores cancerosos ou outras obstruções. Esses instrumentos podem conter até 1.361 g de mercúrio (SH, 2004). O tubo Cantor é um tubo com quase dois metros de comprimento, preenchido com mercúrio e introduzido no trato gastrointestinal do paciente. Contém 54-136 g de mercúrio (SH, 2004).

5.7 Produção de metais reciclados (produção "secundária" de metais)

Tabela 5-171 Produção de metais reciclados: subcategorias com principais vias de liberação de mercúrio e abordagem recomendada para o inventário

Capítulo	Subcategoria	Ar	Água	Solo	Produto	Rejeito/ resíduo	Principal abordagem para o inventário
5.7.1	Produção de mercúrio reciclado ("produção secundária")	X	X	X	X	X	FP
5.7.2	Produção de metais ferrosos reciclados (ferro e aço)	X	x	x		x	FP
5.7.3	Produção de outros metais reciclados	X	x	x		x	FP

Notas: FP = abordagem fonte pontual
AG = abordagem geral/nacional
X – Via de liberação que se espera soeja predominante na subcategoria.
x – Outras vias de liberação a serem consideradas em função da situação nacional e da fonte específica.

5.7.1 PRODUÇÃO DE MERCÚRIO RECICLADO ("PRODUÇÃO SECUNDÁRIA")

5.7.1.1 Descrição da subcategoria

1106. Há dois tipos básicos de produção secundária de mercúrio: recuperação de mercúrio líquido em equipamentos desmontados e recuperação de mercúrio em produtos de sucata por meio de processos extrativos. Nos EUA (e provavelmente em muitos outros países), a quantidade total de mercúrio recuperada em estado líquido é muito maior do que a quantidade recuperada por processos de extração. Grande parte da recuperação de mercúrio líquido no mundo está ligada a três áreas diferentes: 1) desmonte de instalações de cloro e álcalis; 2) recuperação de medidores de mercúrio em tubulações de gás natural; e 3) recuperação de manômetros, termômetros e outros equipamentos. Em cada um dos processos, o mercúrio líquido é extraído dos equipamentos desmontados e colocado em recipientes. O segundo tipo de produção envolve o processamento de produtos de sucata e resíduos industriais e lodos com conteúdo de mercúrio, por meio de processos extrativos térmicos ou químicos (US EPA, 1997a e CAGI, 2002). (Para uma descrição dos processos, ver US EPA, 1997a).

1107. As mesmas instalações de reciclagem descritas no parágrafo acima podem ser usadas na recuperação de mercúrio em resíduos minerais de mineração e processamento primário de zinco ou outros metais, e lodos provenientes da purificação do gás natural antes de sua distribuição. Essas atividades são muitas vezes denominadas recuperação de subprodutos de mercúrio, para diferenciá-las da reciclagem posterior ao uso pelo consumidor. Essa distinção é útil quando se quantifica a reciclagem nacional de mercúrio, e os dados existentes sobre essa divisão devem ser informados na documentação do inventário.

1108. Cabe observar que a reciclagem de mercúrio pode ser uma fonte de importação de mercúrio para as economias dos países que dispõem dessas instalações. O mercúrio recebido e refinado a partir dessas fontes volta para o ciclo do comércio global de mercúrio. As atividades de reciclagem de mercúrio são muitas vezes economicamente favorecidas pelos governos para incentivar a coleta e o tratamento desse resíduo perigoso (CAGI, 2002).

1109. Em alguns países, as atividades de reciclagem de mercúrio contribuem substancialmente para a oferta de mercúrio no mercado, enquanto em outros não dispõem, atualmente, de instalações de reciclagem internas. Alguns desses países sem programas de reciclagem podem exportar partes de seus resíduos com altas concentrações de mercúrio para instalações de reciclagem no exterior (CAGI, 2002).

5.7.1.2 Principais fatores determinantes de liberações de mercúrio e saídas de mercúrio

Tabela 5-172 Principais liberações e meios receptores a partir da produção de mercúrio reciclado (produção secundária)

Fase do ciclo de vida	Ar	Água	Solo	Resíduos em geral	Tratamento/ destinação específico por setor
Recuperação de mercúrio líquido	X	X	X	x	X
Extração de mercúrio de produtos de sucata	X	X	X	x	X
Recuperação de subprodutos do mercúrio	X	X	X	x	X

Notes: X– Via de liberação que deverá predominar para a subcategoria;.
x – Vias adicionais de liberação a serem consideradas, dependendo da fonte específica e da situação nacional.

1110. As atividades de reciclagem/recuperação de mercúrio podem produzir liberações substanciais de mercúrio na atmosfera e em meios aquáticos e terrestres. As quantidades perdidas dependem muito do cuidado com que as liberações são tratadas durante o processo. As instalações de processamento podem estar equipadas com dispositivos de redução de liberações capazes de reduzir liberações diretas de poluentes na atmosfera, na água e no solo. Como em outros setores, a tecnologia para a redução de liberações produz resíduos sólidos ou líquidos adicionais, que precisam ser tratados para evitar ou reduzir liberações adicionais. (CAGI, 2002).

1111. Nos EUA (e provavelmente em muitos outros países), as informações sobre o desempenho de medidas concretas de controle de emissões são muito limitadas e específicas de cada localidade. Se um depurador é usado, o vapor ou as gotas de mercúrio que permanece nos gases de exaustão pode ser capturado na pulverização. É possível reduzir as concentrações no ar do recinto de trabalho devidas às emissões de vapor de mercúrio (por exemplo, pelo processo de retorta quente) pelos seguintes métodos: contenção, ventilação da exaustão local, ventilação de diluição, isolamento e/ou equipamentos de proteção pessoal. As emissões de vapor de emissões resultantes da transferência de mercúrio durante as fases de destilação ou preenchimento podem ser reduzidas por contenção, ventilação (exaustão ou ventilação local) ou controle de temperatura (US EPA, 1997a).

5.7.1.3 Discussão de entradas de mercúrio

Tabela 5-173 Visão geral de dados de taxa de atividade e tipos de fator de entrada de mercúrio necessários para estimar liberações provenientes da produção de mercúrio reciclado (“produção secundária”)

Tipo de processo	Dados de taxa de atividade necessários	Fator de entrada de mercúrio
Recuperação de mercúrio pós-consumo	Quantidades de mercúrio produzido	Entrada kg de Hg/kg saída total de Hg

5.7.1.4 Exemplos de mercúrio em liberações e rejeitos/resíduos

1112. Durante a extração de mercúrio em resíduos, as emissões podem variar consideravelmente de um tipo de processo para outro. As emissões podem potencialmente ocorrer a partir das seguintes fontes: operações de retorta ou forno, destilação e descarga atmosférica a partir dos filtros de carvão vegetal. As principais fontes de emissão de mercúrio são devidas ao extrator do condensador e às emissões de vapor que ocorrem durante a descarga da câmara da retorta.

As emissões de mercúrio também podem ocorrer na área de preenchimento quando o frasco transborda e durante o processo de engarrafamento. Uma empresa nos EUA (Mercury Refining Company) informou os resultados de dois estudos de testes de emissões realizados em 1994 e 1995, que mostraram emissões médias de mercúrio de 0,85 kg por toneladas de mercúrio recuperado (MRC 1997, citado em US EPA, 1997a). Em 1973, os fatores de emissão foram estimados em 20 kg por tonelada de mercúrio processado devido à falta de controle de emissões durante o processo (Anderson, 1973, citado em US EPA, 1997a).

1113. Nos EUA, dados de liberação de mercúrio foram informados no Inventário de Liberações Tóxicas de 1994 (Toxic Release Inventrory - TRI) para duas instalações (que usam processos de extração). Uma instalação informou emissões de mercúrio para a atmosfera de 116 kg em 1994, e a outra 9 kg, também para a atmosfera e no mesmo ano. As instalações que se concentram principalmente na obtenção de mercúrio líquido a partir de equipamentos antigos (e que não usam processos de extração) deverão ter emissões mais baixas.

1114. Nos EUA, em 1996, foram recicladas aproximadamente 446 toneladas de mercúrio proveniente de sucata industrial. Estima-se que a reciclagem tenha representado cerca de 0,4 tonelada de emissões de mercúrio em 1995 (US EPA, 1997b). As principais fontes de mercúrio reciclado incluem amálgamas dentários, sobras de mercúrio na fabricação de instrumentos e dispositivos elétricos (lâmpadas e interruptores), resíduos e lodos provenientes de laboratórios de pesquisa e instalações de refino eletrolítico e pilhas e baterias de mercúrio.

1115. A tabela abaixo mostra o peso de resíduos processados contendo mercúrio e o peso do mercúrio comercial recuperado dos resíduos em uma instalação de reciclagem de mercúrio na Rússia. A instalação usa um forno tubular rotativo para a recuperação. O forno é um corpo cilíndrico de metal com 1,6 m de diâmetro e 14 m de comprimento, instalado em um gradiente de 3-4° e revestido com tijolos refratários. A liberação total de mercúrio informada do processo foi de 120 kg, divididos em 52 kg com gases de ebulição, 65 kg com águas residuais, 3 kg com cinzas e 0,5 kg de perdas não definidas. A emissão atmosférica média foi de 2 kg/tonelada de mercúrio processado, enquanto as liberações em águas residuais correspondem a 2,5 kg por toneladas de mercúrio processado. Em anos anteriores, as liberações foram significativamente superiores, e a emissão de mercúrio na atmosfera caiu de 20 g/tonelada de mercúrio processado em 1999 para 2 g/tonelada em 2001. No mesmo período, as liberações na água aumentaram de 0,5 para 2,5 g/tonelada de mercúrio processado.

Tabela 5-174 Processamento de resíduos contendo mercúrio em uma instalação de reciclagem na Rússia em 2001 (Lassen et al., 2004)

Tipo de resíduo	Peso do resíduo kg	Hg comercial kg
Catalisador, absorvente, lodo (da produção de MVC)	244.312	9.793
Mercúrio não acondicionado	16.113	16.097
Lâmpadas de mercúrio	20.610	7
Dispositivos contendo mercúrio	1.784	131
Concentrado de luminóforos	23.700	78
Outros (elementos galvânicos, resíduos e solos de construção contaminados por mercúrio, resíduos de produção adequada, etc.)	54.800	343
Total	361.319	26.449

5.7.1.5 Fatores de entrada e fatores de distribuição de saídas

1116. Com base nas informações compiladas acima por Lassen et al. (2004) descrevendo uma instalação na Rússia, sugerem-se os seguintes fatores-padrão preliminares de liberação de mercúrio para uso em casos em que dados por fonte específica não estejam disponíveis (estão pré-inseridos na planilha de cálculo IL2). Cabe destacar que, como o uso desses dados sobre outras instalações está naturalmente associado a um grau substancial de incerteza, estes devem ser considerados apenas como indicativos. Esses fatores-padrão, por serem baseados em uma base de dados muito limitada, devem ser considerados preliminares e sujeitos a revisões.

1117. O objetivo principal de usar esses fatores-padrão é obter uma primeira impressão sobre a relevância da subcategoria como uma fonte significativa de liberação de mercúrio no país. Normalmente, as estimativas de liberação teriam que ser mais depuradas (após o cálculo com fatores- padrão).

Tabela 5-175 Saídas específicas informadas e fatores de distribuição de saídas em uma instalação de reciclagem na Rússia (Lassen et al., 2004)

	Saídas específicas informadas *1	Fatores de distribuição de saída – Parcela de saídas	Fatores de liberação específicos
	Kg/ano	Unidade menos	Kg de liberação de Hg/tonelada de Hg totalmente liberada (como informado)
Hg produzido	26449	0,995	-
Liberações na atmosfera	52	0,002	2.0
Liberações em águas residuais	65	0,002	2.4
Destinação de resíduos específicos por setor (cinzas – resíduos sólidos)	3	0,0001	0,1
Tratamento/destinação específica por setor			
(perdas não contabilizadas)	0.5	0,00002	0,02
Soma de saídas informadas	26569.5	1	-

Notes: *1 Dados de Lassen et al. (2004) descrevendo uma instalação na Rússia. O uso desses dados em outras instalações está associado a um grande grau de incerteza e, por isso, devem ser considerados apenas indicativos.

1118. Ligações com outras fontes de estimativa de mercúrio - É possível qualificar as entradas de mercúrio nas subcategorias de tratamento de resíduos por meio da quantificação de entradas de mercúrio na sociedade com produtos e materiais, conforme descrito nas Seções 5.1 a 5.6. Deve-se ter o cuidado de evitar a dupla contagem de saídas de mercúrio durante a elaboração do inventário. Cabe observar que as entradas de mercúrio nas instalações de reciclagem podem incluir resíduos de mercúrio importados do exterior.

5.7.1.6 Principais dados por fonte específica

1119. Nesse caso, os principais dados por fonte específica seriam:

- Quantidades de mercúrio especificamente medidas para todos os fluxos de saída.

5.7.2 PRODUÇÃO DE METAIS FERROSOS RECICLADOS (FERRO E AÇO)

5.7.2.1 Descrição da subcategoria

1120. Ferro e aço são produzidos a partir de sucata de metal, por meio de vários processos de alta temperatura. O mercúrio pode estar presente nos metais/materiais reciclados, como resultado da presença de impurezas naturais de mercúrio nos materiais originais, bem como a presença de contaminação por mercúrio a partir do uso antropogênico de mercúrio (por exemplo, interruptores de mercúrio em automóveis que passam pelo processo de reciclagem de ferro/aço). A última fonte é considerada a fonte predominante.

5.7.2.2 Principais fatores determinantes de deliberações de mercúrio e saídas de mercúrio

Tabela 5-176 Principais liberações e meios receptores a partir da produção de metais ferrosos reciclados (ferro e aço)

Fase do ciclo de vida	Ar	Água	Solo	Produtos	Resíduos em geral	Tratamento/destinação específica por setor
Trituração, armazenagem e fundição	X	x	x		x	x

Notas: X – Via de liberação que deverá predominar para a subcategoria.

x – Outras vias de liberação a serem consideradas, dependendo da fonte específica e da situação nacional.

1121. A sucata de ferro é processada por diferentes indústrias e tipos de instalações e envolve várias etapas. Por exemplo, alguns automóveis são enviados para desmonte, inicialmente, e componentes valiosos são removidos. O restante do automóvel normalmente é prensado e posteriormente enviado para uma máquina trituradora. Alguns automóveis mais antigos são enviados diretamente para a trituração. Outros itens descartados entram no processo de sucata em várias etapas do sistema de processamento. É possível que o mercúrio seja liberado no ar, na água ou no solo em vários pontos do processo, incluindo a trituração (NJ MTF, 2002) e a fundição.

5.2.2.3 Discussão de entradas de mercúrio

Tabela 5-177 Visão geral de dados de taxa de atividade e tipos de fator de entrada de mercúrio necessários para estimar liberações provenientes da produção de metais ferrosos reciclados (ferro e aço)

Fase do ciclo de vida	Dados de taxa de atividade necessários	Fator de entrada de mercúrio
Trituração, armazenagem e fundição	Números de veículos/aparelhos reciclados anualmente	Teor de mercúrio por veículo/aparelho reciclado

1122. A sucata inclui metais reciclados provenientes de automóveis e eletrodomésticos e resíduos de metais de estruturas de construções demolidas. O mercúrio está presente em muitos itens incluídos nessa sucata. Por exemplo, nos EUA, na década de 1990, cerca de nove toneladas de mercúrio por ano foram usadas em interruptores de inclinação (tais como luzes de porta-malas) e em sistemas de freio ABS para automóveis. Um estudo (ECGLU, 2001) estimou que entre 155-222 toneladas de mercúrio estavam circulando com os automóveis nas estradas dos EUA no ano de 2001. Como a idade média dos automóveis nas estradas é de cerca de nove anos, e uma vez que a grande maioria dos automóveis rejeitados vira sucata de metal, pode-se estimar que cerca de 10% (ou 15 – 22 toneladas) do mercúrio nos automóveis entra no sistema de processamento de sucata anualmente (NJMTF, 2002).

1123. Nos EUA o uso de mercúrio em interruptores diminuiu cerca de 60-80% entre 1996 e 2000. No entanto, o uso de mercúrio em sistemas de freio ABS aumentou em cerca de 130-180% durante o mesmo período (NJMTF, 2002).

1124. Os interruptores de mercúrio em automóveis foram substituídos mais cedo em automóveis europeus, diferentemente do processo descrito para os EUA.

1125. O mercúrio também é encontrado em quantidades significativas em reguladores de pressão de gás, interruptores e sensores de chama em aparelhos elétricos que se tornam parte de sucata para a produção de ferro e aço (CAIN, 2000, citado em NJ MTF, 2002).

1126. Em seu relatório de 2006 ao Legislativo, a Agência estima que 43 mil veículos são descartados anualmente em Vermont, nos EUA, com o potencial de 25 mil interruptores de mercúrio individuais. Cada interruptor contém cerca de um grama de mercúrio (VERMONT ANR, 2008), o que equivale a cerca de dois gramas de mercúrio por veículo, em média, incluindo veículos que não contêm interruptores de mercúrio.

1127. De acordo com a Vermont ANR (2008), o uso de interruptores de mercúrio foi interrompido da seguinte forma (presumivelmente para o mercado dos EUA, mas pode ter relevância geral): Ford e General Motors, modelo ano 2003; Daimler Chrysler, final da década de 1990; e fabricantes europeus, modelo ano 1993. A Toyota e a Honda supostamente nunca usaram interruptores de mercúrio em luzes de conveniência ou sistemas de freios de automóveis. A Subaru, a Nissan e a Mitsubishi faziam uso limitado de interruptores de mercúrio em sensores de freio ABS.

5.7.2.4 Exemplos de mercúrio em liberações e rejeitos/resíduos

1128. Em Nova Jersey, EUA, há três instalações que produzem aço pela fundição de sucata em fornos elétricos e três instalações que produzem ferro fundido por fundição de sucata em fornos denominados "cúpulas". As emissões totais estimadas de mercúrio no ar por essas seis instalações somam cerca de 0,46 tonelada/ano (NJ MTF, 2002), ou uma média de 0,076 tonelada/ano por cada uma das instalações. O total de emissões de mercúrio no ar nos EUA para essa subcategoria foi estimado em 15,6 toneladas/ano, com base em um estudo realizado pelo Centro de Ecologia (Ecology Center, 2001, citado em NJ MTF, 2002).

1129. A principal via de liberações deverá ser atmosférica, por meio de emissões das chaminés dos fornos de instalações para a produção de ferro e aço (NJ MTF, 2002). Liberações de mercúrio no ar, no solo e na água também podem ocorrer em outras etapas do processo, tais como durante as atividades de armazenamento, trituração e desmonte (NJ MTF, 2002).

1130. No entanto, um estudo de balanço de massa em uma instalação estimou que apenas 31% foram liberados por meio de chaminés, 49% se encontravam em pó de silo na fornalha e 18% em resíduos da trituração em forma de pelos, e 2% foram emitidos durante a trituração do metal (Cain, 2000, citado em NJ MTF, 2002).

5.7.2.5 Fatores de entrada e fatores de distribuição de saídas

1131. Nenhuma tentativa foi feita para definir fatores-padrão para a produção de ferro e aço reciclados.

1132. Na ausência de dados específicos sobre a prevalência de interruptores de mercúrio, etc., em metal ferroso reciclado, uma primeira estimativa pode ser obtida usando-se os fatores-padrão de entrada selecionados na Tabela 5-178 a seguir (com base nos conjuntos de dados apresentados nesta seção). Os fatores-padrão mínimos foram definidos para indicar uma estimativa mínima para a entrada de mercúrio na categoria de fonte (mas não o mínimo absoluto), e o fator máximo resultará em uma estimativa máxima (mas não o máximo absoluto possível). O fator de entrada mínimo deverá ser relevante em países onde interruptores com mercúrio não foram usados em automóveis ou eletrodomésticos nos últimos 10 anos, ou onde os interruptores são geralmente removidos antes da reciclagem dos metais.

1133. Cabe observar que o fator-padrão de entrada fornecido inclui apenas interruptores de mercúrio em veículos. Se componentes de mercúrio (interruptores elétricos, termostatos a gás, etc.) houverem sido usados em outros aparelhos de metal reciclado, estes deverão ser quantificados separadamente para serem incluídos no inventário.

Tabela 5-178 Fatores-padrão preliminares para mercúrio na reciclagem de metais ferrosos

Material	Fatores-padrão de entrada; g de Hg/veículo;(mínimo - máximo) *1
Por veículo reciclado	0,2 - 2

Nota: *1 Relevância – ver texto acima.

b) Fatores-padrão de distribuição de saídas de mercúrio

Tabela 5-179 Fatores-padrão preliminares de distribuição de saída de mercúrio para a reciclagem de metais ferrosos

	Fatores-padrão de distribuição de saída, parcela de entrada de Hg *1					
	Ar	Água	Solo *2	Produtos	Resíduos em geral *2	Tratamento/destinação específico por setor
Nenhum	0,33		0,34		0,33	?

Notas: *1 Esses fatores-padrão foram extraídos de um exemplo dos EUA. As emissões no ar tendem a ser mais altas em instalações sem filtros de retenção de poeira nas saídas de ar do forno.

*2 A distribuição na deposição no Solo e resíduos em geral provavelmente pode variar de acordo com as condições locais e a distribuição aqui é artificial e destina-se a indicar que essas podem ser vias de saída importantes.

c) Ligações com outras fontes de estimativa de mercúrio

1134. No caso das subcategorias de tratamento de resíduos, é muito importante ter em mente que o teor de mercúrio nos resíduos provém de: 1) mercúrio intencionalmente usado em produtos descartados e resíduos processados; 2) impurezas naturais do mercúrio em grandes volumes de material (plásticos, papel, etc.) e minerais; e 3) mercúrio como micropoluente em grandes volumes de material. Cabe observar que partes dessas entradas de mercúrio podem estar direcionadas para resíduos urbanos, perigosos e médicos.

1135. As liberações de mercúrio no meio ambiente e depósitos de resíduos a partir dessas subcategorias devem, portanto, ser vistas como uma consequência da presença do mercúrio nos produtos usados na sociedade.

1136. Da mesma forma, as entradas estimadas de mercúrio nas subcategorias de tratamento de resíduos podem ser qualificadas por meio da quantificação das entradas de mercúrio na sociedade com produtos e materiais, conforme descrito nas Seções 5.4 - 5.6. Deve-se ter o cuidado de evitar a dupla contagem de saídas de mercúrio durante a elaboração do inventário de mercúrio.

1137. Cabe observar que as entradas de mercúrio na incineração a partir de concentrações de vestígios de mercúrio em grandes volumes de material (plásticos, metal, etc.) não são quantificadas individualmente neste Toolkit.

5.7.2.6 Principais dados por fonte específica

1138. Nesse caso, os principais dados por fonte específica seriam:

- As entradas são extremamente dependentes doa histórico nacional ou regional de componentes contendo mercúrio, especialmente em automóveis e eletrodomésticos. Informações nacionais sobre a prevalência/existência de interruptores de mercúrio em automóveis (e residências) durante os últimos 10-20 anos são fundamentais para a depuração do inventário;
- Quantidade de cada tipo de sucata processada; e
- Dados medidos sobre os equipamentos de redução de emissões usados na fonte (ou fontes similares com equipamento e condições de operação muito semelhantes).

5.7.3 PRODUÇÃO DE OUTROS METAIS RECICLADOS

5.7.3.1 Descrição da subcategoria

1139. Em princípio, o alumínio, o cobre, o zinco e outros metais que são reciclados na maioria dos países podem conter mercúrio. O mercúrio entra na produção de metais reciclados não ferrosos que não costumam ser encontrados na literatura. Para a maioria dos metais,

os processos de fabricação original indicam que as impurezas naturais do mercúrio nas matérias-primas não seguem os metais produzidos em um alto grau. A maior parte das entradas de mercúrio na reciclagem de metais não ferrosos, se houver, teria sua origem, portanto, no uso do mercúrio em outros materiais ou produtos/ componentes contendo mercúrio. Quanto à produção de aço reciclado, as contribuições mais óbvias poderiam vir, provavelmente, de interruptores, relés, termostatos e similares contendo mercúrio. Com base no que se conhece do uso de mercúrio em componentes e produtos, os metais não ferrosos presentes em processos de reciclagem poderiam, talvez, estar menos contaminados por mercúrio do que o aço reciclado.

1140. O alumínio é um dos vários metais reciclados com potencial para emitir mercúrio. Suspeita-se que a contaminação seja proveniente do alumínio reciclado e de outros metais. O mercúrio tende a fundir-se preferencialmente com o alumínio em vez de com metais ferrosos; por conseguinte, no fluxo de metais reciclados, a contaminação por mercúrio poderia estar mais associada ao alumínio do que a metais ferrosos. É possível que as instalações que processam alumínio reciclado usando calor, liberem algum mercúrio no ar e em outros meios.

5.7.3.2 Principais fatores determinantes de liberações de mercúrio e saídas de mercúrio

Tabela 5-180 Principais liberações e meios receptores durante o ciclo de vida da produção de outros metais reciclados

Fase do ciclo de vida	Ar	Água	Solo	Produtos	Resíduos em geral	Tratamento/ destinação específico por setor
Produção	X	x	x		x	x

Notas: X – Via de liberação que deverá predominar para a subcategoria.
x – Outras vias de liberação a serem consideradas, dependendo da fonte específica e da situação nacional.

5.7.3.3 Discussão de entradas de mercúrio

Tabela 5-181 Visão geral dos dados de taxa de atividade e tipos de fator de entrada de mercúrio necessários para estimar liberações provenientes da produção de outros metais reciclados

Fase do ciclo de vida	Dados de taxa de atividade necessários	Fator de entrada de mercúrio
Trituração, armazenagem e fundição	Quantidades de metal reciclado produzidas	Teor de mercúrio por tonelada de metal produzida

5.7.3.4 Exemplos e mercúrio em liberações e rejeitos/resíduos

1141. A NJ MTF partiu do pressuposto de que as liberações a partir das instalações de produção de alumínio reciclado seriam semelhantes, em quantidade, às liberações de instalações que produzem metais ferrosos reciclados (ferro e aço) descritas acima, e que o principal meio receptor é o ar. Portanto, a NJ MTF presumiu que cerca de 45 kg são emitidos para o ar a partir de cada instalação de produção de alumínio reciclado em Nova Jersey (NJ MTF, 2002).

5.7.3.5.Fatores de entrada e fatores de distribuição de saídas

1142. Não se tentou definir fatores-padrão para a produção de outros metais reciclados. As entradas são extremamente dependentes do histórico nacional ou regional de componentes contendo mercúrio em produtos de sucata metálica.

5.7.3.6. Principais dados por fonte específica

1143. Nesse caso, os principais dados por fonte específica seriam:

- Dados medidos ou extraídos da literatura sobre as concentrações de mercúrio em vários tipos de sucata metálica processada na fonte;
- Quantidade de cada tipo de sucata metálica processada; e
- Dados medidos sobre equipamentos de redução de emissões usados na fonte (ou fontes similares om equipamento e condições de operação muito semelhantes).

5.8 Incineração de resíduos

Tabela 5-182 Incineração de resíduos: subcategorias com principais vias de liberação de mercúrio e abordagem recomendada para o inventário

Capítulo	Subcategoria	Ar	Água	Solo	Produto	Resíduos/ rejeitos	Principal abordagem para o inventário
5.8.1	Incineração de resíduos municipais/gerais	X	x	x	x	X	FP
5.8.2	Incineração de resíduos perigosos	X	x			X	FP
5.8.3	Incineração de resíduos de serviço de saúde	X	x			X	FP
5.8.4	Incineração de lodo de estação de tratamento de efluente	X	X			X	FP
5.8.5	Incineração informal de resíduos (queima informal de resíduos a céu aberto)	X	X	X			AG

Notas: FP - abordagem de fonte pontual
AG = abordagem geral/nacional
X – Via de liberação que se espera que seja predominante na subcategoria.
x – Outras vias de liberação a serem consideradas em função da situação nacional e da fonte específica.

5.8.1 INCINERAÇÃO DE RESÍDUOS MUNICIPAIS/GERAIS

5.8.1.1 Descrição da subcategoria e do processo

1144. O teor de mercúrio no fluxo de resíduos em geral deriva de três grupos principais de entradas: 1) mercúrio usado intencionalmente em produtos descartados e resíduos de processos; 2) impurezas naturais em grandes volumes de material (plástico, papel, etc.) e minerais; e 3) mercúrio como micropoluente antropogênico em grandes volumes de material. As concentrações de mercúrio são diretamente dependentes das entradas de mercúrio nos resíduos e, portanto, provavelmente variam muito entre diferentes países e circunstâncias.

1145. Rejeitos ou resíduos sólidos urbanos (RSU) consistem principalmente de resíduos domésticos e outros resíduos sólidos comerciais, institucionais e industriais (exceto de fabricação) não perigosos. Alguns países incineram o lodo de estações de tratamento de efluentes e resíduos de serviço de saúde patogênicos com os resíduos municipais.

1146. Os RSU por vezes são incinerados (em condições controladas, como descrito aqui), enquanto frações de resíduos dominadas por matérias minerais são geralmente depositadas em aterros sanitários. A divisão quantitativa entre incineração e outros tratamentos de resíduos combustíveis varia entre países.

1147. Os RSU podem ser queimados sem tratamento prévio ou tratados para a produção do assim chamado "combustível derivado de resíduos". Nos EUA, os incineradores desse tipo de combustível queimam os RSU que foram processados em diferentes graus, a partir da simples remoção de itens grandes, volumosos e não combustíveis, até um processamento complexo para produzir um combustível independente e adequado para a cossinterização em caldeiras a carvão pulverizado. O processamento de RSU até formar combustível derivado de resíduos geralmente aumenta o valor calorífico dos mesmos, devido à remoção de muitos dos itens não combustíveis (US EPA, 1997a).

1148. Em alguns tipos de incineradores, uma parte do mercúrio pode permanecer em parte dos resíduos não incinerados totalmente e sair do incinerador com cinza de grelha. Geralmente, no entanto, praticamente todo o mercúrio presente nos resíduos é convertido em vapor por causa das altas temperaturas do processo de combustão. A maior parte do mercúrio sai com os gases de combustão e a parcela de entrada de mercúrio que é liberada como emissões no ar por meio da chaminé será extremamente dependente dos dispositivos de controle disponíveis. Instalações mal controladas registrarão liberações através da chaminé na forma de emissões atmosféricas de mercúrio, enquanto em instalações bem controladas a maior parte das entradas de mercúrio acabará nos resíduos dos gases de combustão. A eficácia de vários controles é discutida abaixo.

5.8.1.2 Principais fatores determinantes de liberações de mercúrio e saídas de mercúrio

Tabela 5-183 Principais liberações e meios receptores provenientes da incineração de resíduos urbanos/gerais

Fase do ciclo de vida	Ar	Água	Solo	Produtos	Resíduos em geral	Tratamento/Destinação específico por setor
Incineração controlada de resíduos	X	x	x	x	X	X

Notas: X – Via de liberação que deverá predominar para a subcategoria.
x – Outras vias de liberação a serem consideradas, dependendo da fonte específica e da situação nacional.

1149. Os fatores mais importantes que determinam as liberações de mercúrio nessa subcategoria são a concentração de mercúrio nos resíduos e a eficácia dos dispositivos de controle (se houver) para reduzir as emissões de mercúrio.

1150. A tecnologia de incineração e, particularmente, os sistemas para a purificação do gás de combustão, determinam a distribuição das saídas de mercúrio entre as emissões no ar, o acúmulo em resíduos sólidos da incineração (cinzas de grelha) e resíduos de purificação de gás, e liberações na água (somente liberações indiretas por meio de alguns tipos de tecnologia de purificação de gás de combustão). Equipamentos para a purificação de gás de combustão após a combustão, amplamente usados em muitos países hoje, retêm partes de mercúrio e evitam sua liberação. Os sistemas de purificação de gás de combustão usados são semelhantes àqueles descritos para grandes usinas de queima de carvão (mencionadas na Seção 5.1.1), exceto por uma possível etapa adicional (integrada) envolvendo injeção e captura subsequente de carvão ativado (que adsorve/absorve algum mercúrio). A tecnologia de carvão ativado é usada em alguns países, como, por exemplos, EUA, Alemanha, Suécia, Dinamarca e Áustria.

5.8.1.3 Discussão de entradas de mercúrio

Tabela 5-184 Visão geral de dados de taxa de atividade e tipos de fator de entrada de mercúrio necessários para estimar liberações provenientes da incineração de resíduos urbanos/ gerais

Dados de taxa de atividade necessários	Fator de entrada de mercúrio
Quantidade de resíduos queimados	Concentração de mercúrio nos resíduos

1151. O teor de mercúrio dos RSU dependerá do uso de produtos contendo mercúrio no país e da presença de sistemas específicos para a coleta desses produtos uma vez destinados. As fontes conhecidas de mercúrio em RSU incluem, entre outras, pilhas e baterias, equipamentos e cabos elétricos descartados, lâmpadas fluorescentes, dentes e outros resíduos de amálgamas dentários, resíduos de tintas e plásticos. Dependendo da vida útil dos produtos, as fontes de mercúrio nos resíduos refletirão o uso de mercúrio para os diferentes produtos vários anos antes da avaliação do mercúrio nos resíduos.

1152. Nos EUA, as fontes de mercúrio para o fluxo de resíduos mudaram ao longo do tempo, como consequência alterações no padrão de uso do mercúrio. No período de 1980 a 2000, as pilhas e baterias de mercúrio foram responsáveis pela maior parte do mercúrio em produtos nos RSU nos EUA (Tabela 5-185). Em 1989, estimou-se que cerca de 88% do total do mercúrio descartado vinha de pilhas e baterias. Desses 88%, cerca de 28% estavam em pilhas e baterias de óxido de mercúrio e o restante em pilhas e baterias alcalinas e de outros tipos (US EPA, 1997a). No entanto, o número de pilhas e baterias contendo mercúrio consumido desde o final da década de 1980 diminuiu significativamente nos EUA e provavelmente em muitos outros países, mas embora o teor total de mercúrio nos resíduos tenha diminuído significativamente, em 2000 as pilhas e baterias ainda representavam mais de 50% do mercúrio em produtos encontrados no fluxo de resíduos (Tabela 5-185).

1153. A partir de 1989, segundo informações, 644 toneladas de mercúrio foram descartadas no fluxo de resíduos sólidos urbanos nos EUA, e a concentração informada de mercúrio nos resíduos sólidos está na faixa de menos de 1-6 ppm por peso, com um valor típico de 4 ppm por peso (ppm = g mercúrio por tonelada de resíduos). No entanto, devido a mudanças no consumo de mercúrio, a quantidade de mercúrio descartada no fluxo de resíduos sólidos urbanos caiu drasticamente desde 1989, atingindo cerca de 157 toneladas em 2000 (Tabela 5-185).

1154. A concentração de mercúrio em RSU em Nova Jersey, em 2001, foi estimada entre de 1,5-2,5 ppm (MTF NJ, 2002).

Tabela 5-185 Mercúrio em produtos no fluxo de resíduos sólidos urbanos nos EUA em 1980, 1989 e projeção para 2000 (baseado em Franklin Associates, Ltd. (1989), citado por Yep et al., 2002)

Tipo de resíduo	Porcentagem do total		
	1980	1989	2000
Baterias de uso doméstico	78,4	87,6	57
Iluminação elétrica	4,4	3,8	23,7
Resíduos de tintas	4,9	2,6	0,3
Termômetros	4,7	2,3	9,7
Termostatos	1,3	1,6	6,0
Pigmentos	4,2	1,4	0,9
Usos odontológicos	1,3	0,6	1,3

Revestimento de papel especial	0,2	0,2	0,0
Interruptores de luz de mercúrio	0,1	0,1	1,1
Baterias para cartucho de filme	0,5	0,0	0,0
Total de destinações	100	100	100
Total de destinações nos EUA (em toneladas)	497	644	157

1155. As fontes de mercúrio em RSU na Dinamarca em 1992/93 e 2001, respectivamente, são apresentadas na Tabela 5-186. Em 1992/93, as pilhas e baterias foram responsáveis por mais da metade do conteúdo total, número semelhante aos resultados dos EUA mostrados acima. Em 2001, as pilhas e baterias representaram apenas 27% do total, principalmente devido a uma diminuição no teor de mercúrio em pilhas e baterias alcalinas e "de outros tipos". Em 2001, o mercúrio presente como impureza natural nos resíduos (oligoelemento natural) representou 28% do teor total de mercúrio em resíduos. Cabe observar que essa contribuição não está incluída nas fontes de mercúrio em RSU nos EUA mostradas na Tabela 5-185. Como ilustrado, o grau de incerteza das estimativas para cada grupo de resíduos é bastante alto, embora as estimativas sejam baseadas em análises detalhadas de fluxos de substâncias. O teor total de mercúrio nos resíduos caiu de 0,4-1,2 ppm para 0,1-0,6 ppm durante o período (segundo diversos estudos, o teor real de mercúrio tem maior probabilidade de estar no extremo superior da faixa estimada).

Tabela 5-186 Fontes de mercúrio em RSU destinados para incineração na Dinamarca em 1992/93 e 2001 (Maag et al., 1996; Skårup et al., 2003)

Tipo de resíduo	1992/93		2001	
	kg Hg/ano	% do total	kg Hg/ano	% do total
Dentes e resíduos odontológicos diversos	200 - 310	18	64 - 180	12
Fontes de luz	4 - 20	1	19 - 110	6
Interruptores e relés	0 - 120	4	75 - 380	22
Termômetros	80 -200	10	19 - 38	3
Equipamentos de monitoramento	0 - 40	1	19 - 47	3
Baterias	420 - 1.100	53	52 - 510	27
Mercúrio como impureza (oligoementos)	20 - 370	14	28 - 560	28
Total (arredondado)	700 - 2.200	100	280 - 1.800	100

5.8.1.4 Exemplos de mercúrio em liberações e rejeitos/resíduos

1156. As emissões atmosféricas de mercúrio a partir de câmaras de combustão de resíduos urbanos (CRSU) podem, em certa medida, ser reduzidas pela remoção do mercúrio adsorvido pelas partículas do gás de combustão por precipitadores eletrostáticos (PES) e filtros de tecido (FM). A eficácia dos filtros na remoção de mercúrio depende da capacidade do filtro para remover partículas pequenas. A redução de gases ácidos no gás de combustão também pode contribuir para a retenção de mercúrio.

1157. A eficácia da remoção dos mecanismos de controle pode ser reforçada com a adsorção de vapores de mercúrio da câmara de combustão para um material de gás ácido adsorvente ou outros adsorventes e, em seguida, removendo-se o mercúrio em partículas. Os dispositivos de controle de MP mais frequentemente usados nos EUA são os precipitadores eletrostáticos (PES). Reduzir a temperatura dos gases de combustão na entrada no dispositivo de controle para 175°C (ou menos) ajuda a obter um alto controle do mercúrio. Em geral, os sistemas CRSU mais novos usam uma combinação de resfriamento de gás e sistemas para a injeção de absorvente em dutos (IAD) ou secadores por atomização (SA) a montante do dispositivo de remoção de partículas, para reduzir as temperaturas e fornecer um mecanismo para o controle de gases ácidos (US EPA, 1997a).

1158. Em condições de incineração a temperaturas superiores a 850°C e teor de O2 de 8-10% vol., as espécies predominantes de mercúrio serão cloretos de mercúrio (I e II) e mercúrio elementar (VELZEN et al., 2002). O equilíbrio químico termodinamicamente calculado para o mercúrio em gás de combustão típico contendo HCl e SO2 mostra que o produto principal entre 300 e 700°C é o HgCl2, enquanto acima de 700°C o mercúrio elementar é a espécie dominante. Um resumo da eficácia na remoção de mercúrio para diferentes equipamentos de purificação de gás combustão em incineradores é apresentado na Tabela 5-187 (VELZEN et al., 2002). Para a estimativa presume-se que a relação HgCl2/Hg(0) está entre 70/30 e 80/20. 'Absorventes especiais' (ou adsorventes) adicionados podem ser absorventes impregnados com enxofre ou compostos de enxofre, ou adsorventes à base de carvão ativado, que aumentam a parcela de mercúrio sobre as partículas.

Tabela 5-187 Eficácia na remoção de mercúrio em sistemas de purificação de gás de combustão em incineradores de resíduos

Equipamento	Temperatura(°C)	$HgCl_2$	Hg(0)	Geral	Referência
Precipitadores eletrostáticos (PES)	180	0 - 10%	0 - 4%	0-8%	Velzen *et al.*, 2002
Precipitadores eletrostáticos (PES)				10%	Pirrone *et al.*, 2001
Filtros de tela (FT)				29%	Pirrone *et al.*, 2001
Lavadores de gases	65-70	70 - 80%	0 - 10%	55 - 65%	Velzen *et al.*, 2002
Lavadores de gases com agente condicionador		90 - 95%	20- 30%	76 - 82%	Velzen *et al.*, 2002
Secagem por atomização + FT (calcário)	130	50 - 60%	30 - 35%	44 - 52%	Velzen *et al.*, 2002
Secagem por atomização + FT (adição de absorventes especiais) *1		90 - 95%	80 - 90%	87 - 94%	Velzen *et al.*, 2002
Secagem de fluxo por arraste + filtro de tela (adição de absorventes especiais) *1	130	90 - 95%	80 - 90%	87 - 94%	Velzen *et al.*, 2002
Leito fluidizado circulante + filtro de tela (adição de absorventes especiais) *1	130	90 - 99%	80 - 95%	87 - 98%	Velzen *et al.*, 2002
PES ou FT + contas de filtro de carbono				99%	Pirrone *et al.*, 2001
PES ou FT + injeção de carbono				50 - › 0%	Pirrone *et al.*, 2001
PES ou FT + lavador de gases polidor				85%	Pirrone *et al.*, 2001

Notas: *1 Os absorventes especiais podem estar impregnados com enxofre ou compostos de enxofre ou à base de carvão ativado, que aumentam a absorção do mercúrio sobre as partículas.

1159. Como mostrado na tabela anterior, os precipitadores eletrostáticos simples às vezes são pouco eficazes na remoção de mercúrio. Os lavadores de gases ou a secagem por atomização que usam calcário para a remoção de gases ácidos têm graus de eficácia de 55-65% e 44-52%, respectivamente. Adicionar absorventes/adsorventes especiais, quase sempre carvão ativado, é um requisito para obter um alto grau de eficácia de remoção, ou seja, superior a 90%.

1160. De acordo com testes de conformidade recentemente realizados em 115 dos 167 grandes incineradores de resíduos sólidos urbanos nos EUA, a eficácia média de controle de mercúrio para grandes instalações de incineração urbanas foi de 91,5%. A eficácia média de controle em cada local foi baseada numa média de três testes determinados pela medição do total da concentração de mercúrio no gás de combustão antes e depois da aplicação do sistema de controle em cada local (injeção de carvão ativado em pó a montante do secador por atomização ou da manga do filtro de tela ou do precipitador eletrostático) (UNEP, 2002).

1161. O mercúrio eliminado do gás de combustão é retido com os resíduos da incineração e, em alguns tipos de tecnologia de filtragem, com os resíduos sólidos do tratamento de águas residuais (a partir do processo de lavagem). Esses resíduos são geralmente enviados para aterros ou – dependendo de seu teor de materiais perigosos e outras características – são usados para fins especiais de construção (rebocos, leitos de estradas ou similares). Em alguns casos, esses resíduos sólidos são armazenados em depósitos especiais para resíduos perigosos, com uma membrana ou outra cobertura de segurança que elimina ou reduz as liberações por evaporação e lixiviação.

1162. Alguns exemplos da distribuição de mercúrio nas diferentes saídas de incineradores de resíduos urbanos são apresentados na Tabela 5-188. Em comparação com as eficácias típicas de remoção mostradas na Tabela 5-187, as PE desses incineradores têm uma eficácia de remoção relativamente alta graças à retenção de uma parte maior de partículas pequenas.

Tabela 5-188 Exemples das eficácias de remoção de mercúrio nos sistemas de limpeza de gás de combustão em incineradores de resíduos

	Percentagem de saída total em relação a						
	Emissão atmosférica	Cinza de grelha	Pó de PE/FT	Sólidos depositados durante a filtragem para a limpeza de gases ácidos	Resíduo do adsorvente de carbono	Águas residuais	Sistema de purificação de gás de combustão
Schachermayer *et al.*, 1995 (Áustria)	<1	5	30	65		<1	PES, lavador de gases, denox
Amagerforbrænding, 2000 (Dinamarca)	7	1		92 < 0,01			PES, processo semi-seco de purificação de gás de combustão
Acthenbosch e Ricgers, 2002, (Alemanha)	0,4 - 44,3			54,6	0,7		PES, secador por atomização PES, lavadores de gases, scr, filtro de adsorção de carbono
							PES, lavador de gases
Shin Chan-Ki *et al.*, 2000 (Coreia)	7,3	1,8	13,9		77,1		

Notas: *1 Indicado na referência como "água para a purificação de gases"; não é mencionado se as águas residuais são filtradas e se os sólidos depositados após a filtragem são destinados separadamente.

1163. As emissões atmosféricas de mercúrio a partir de RSU nos EUA diminuíram significativamente ao longo da última década. Essas reduções se devem, em parte, à menor quantidade de mercúrio nos resíduos, mas também em parte à melhoria/ampliação de tecnologias de controle. No início da década de 1990, cerca de 40 toneladas de RSU foram liberadas, e em 2001 a emissão atmosférica havia diminuído para cerca de quatro toneladas de mercúrio (US EPA, 2001).

1164. Os controles atuais de emissões nos incineradores de resíduos sólidos de Nova Jersey (EUA), que consistem, basicamente, da injeção de carvão no dispositivo de controle de partículas, removem aproximadamente 95% ou mais do mercúrio contido no gás de combustão. O carvão é eventualmente misturado com as cinzas. Com base em informações da força-tarefa de Nova Jersey, o mercúrio permanece adsorvido no carvão injetado, e as liberações de mercúrio a partir desses resíduos tendem a ser baixas (NJ MTF, 2002).

1165. A US EPA desenvolveu fatores de emissão atmosférica (FE) para RSU no ano de 1994, como mostra a Tabela 5-189. Os FE de anos anteriores provavelmente seriam mais altos, e os FE de anos mais recentes provavelmente seriam mais baixos devido às menores concentrações de mercúrio nos resíduos.

Tabela 5-189 Fatores de emissão média para incineradores de resíduos sólidos urbanos nos EUA para o período 1994-1995 (baseado em US EPA, 1997a)

Tipo de Combustor	Concentração de mercúrio µg/ m3 seco em condições-padrão a 7% O_2	Fatores de emissão média em g/ tonelada de resíduos
RSU sem controle de gases ácidos	340	1,4
RSU com controle de gases ácidos	205	0,83
RSU com controle de gases ácidos + carvão	19	0,077
Combustível derivado de resíduos sem controle de gases ácidos	260	2,6
Combustível derivado de resíduos com controle de gases ácidos	35	0,34

Nota: s controles de gases ácidos incluem: SA, IAD/FT, SA/PES, IAD/PES, SA/FT e SA/PES.
SA = secador por atomização; IAD = injeção de adsorventes em dutos; PES = precipitador eletrostático; FM = Filtro de tecido.

5.8.1.5 Fatores de entrada e fatores de distribuição de saídas

1166. Com base nas informações compiladas até agora sobre entradas e saídas e os principais fatores que determinam as liberações, sugerem-se os seguintes fatores-padrão preliminares de entrada e distribuição de saídas para uso nos casos em que dados específicos não estão disponíveis. Cabe ressaltar que os fatores-padrão sugeridos neste Toolkit baseiam-se em uma base de dados limitada e, como tal, devem ser considerados sujeitos a revisões na medida em que a base de dados aumentar. Ademais, os fatores-padrão apresentados são juízos de especialistas baseados apenas em dados resumidos. Em muitos casos, o cálculo de intervalos de liberação proporcionará uma estimativa mais apropriada das liberações efetivas.

1167. O objetivo principal do uso desses fatores-padrão é obter uma primeira impressão sobre a relevância da subcategoria como uma fonte significativa de liberação de mercúrio no país. Normalmente, as estimativas de liberação teriam que ser mais depuradas (após o cálculo com fatores-padrão), antes de qualquer medida de longo alcance ser tomada com base nas estimativas de liberação.

a) Fatores-padrão de entrada de mercúrio

1168. Os dados reais sobre os níveis de mercúrio nos resíduos - por exemplo, estabelecidos por meio dos procedimentos deste Toolkit – proporcionarão melhores estimativas de liberações.

1169. Na ausência de informações específicas sobre a concentração de mercúrio nos resíduos urbanos, uma primeira estimativa pode ser obtida usando-se os fatores-padrão de entrada selecionados na Tabela 5-190 a seguir (com base nos conjuntos de dados apresentados nesta seção). Como as

concentrações variam consideravelmente, recomenda-se calcular e informar os intervalos para as entradas de mercúrio nessa categoria de fonte. Os fatores-padrão mínimos foram definidos para indicar uma estimativa mínima para a entrada de mercúrio na categoria de fonte (mas não o mínimo absoluto), e o fator máximo resultará em uma estimativa máxima (mas não o máximo absoluto possível). O fator de entrada mínimo deverá ser relevante em uma situação em que tenham sido classificadas e separadas partes substanciais dos resíduos de produtos com alta concentração de mercúrio (termômetros, pilhas e baterias, resíduos de amálgama dentário, interruptores, etc.) para tratamento separado e, portanto, estarão presentes em números mais baixos nos resíduos urbanos. O fator de entrada máximo deverá ser relevante em situações em que essa separação não ocorre e a maior parte das concentrações altas de mercúrio encontra-se nos resíduos urbanos. Como mencionado, os níveis de mercúrio nos resíduos dependem, obviamente, diretamente do consumo de produtos e materiais com teor de mercúrio no país pesquisado.

1170. Os fatores-padrão de entrada aqui foram derivados de dados de países desenvolvidos, apenas. Um teste simples, com base nos resultados do seu Inventário Nível 2, indicará se os fatores-padrão podem superestimar as liberações de mercúrio a partir dessa atividade no país. Ver mais detalhes no Anexo 8.5.

Tabela 5-190 Fatores-padrão preliminares de entrada para o mercúrio em resíduos sólidos urbanos

Material	Fatores-padrão de entrada; g de Hg/tonelada de resíduos; mínimo – máximo (intermediário) *1
Resíduos sólidos urbanos (resíduos "domésticos" gerais) *1	1 - 10 (5)

Nota: *1 O fator-mínimo de entrada deverá ser relevante para uma situação em que partes substanciais dos produtos de resíduo com alta concentração de mercúrio (termômetros, pilhas e baterias, resíduos de amálgama dentário, interruptores, etc.) foram classificadas e separadas para tratamento independente e, portanto, estão presentes em números mais baixos nos resíduos urbanos. O fator de entrada máximo deverá ser relevante em situações em que essa separação não ocorre e a maior parte das concentrações altas de mercúrio encontra-se nos resíduos urbanos. Como mencionado, os níveis de mercúrio nos resíduos dependem, obviamente, diretamente do consumo de produtos e materiais com teor de mercúrio no país pesquisado.

b) Fatores-padrão de distribuição de saídas de mercúrio

Tabela 5-191 Fatores-padrão preliminares de distribuição de saídas de mercúrio provenientes da incineração de resíduos sólidos urbanos

Dispositivos para a redução de emissões *1	Fatores-padrão de distribuição de saídas, parcela de entradas de Hg					
	Ar	Água	Solo	Produtos*2	Resíduos em geral	Tratamento/ destinação específica por setor *4
Nenhum	1			?	?	
Redução de MP com PES simples ou dispositivo similar	0,9		*3	?	?	0,1
Controle de gases ácidos com calcário (ou outro absorvente de gases ácidos similar) e FT de alta eficiência a jusante ou retenção de MP com PES	0,5		*3	?	?	0,5

Dispositivos para a redução de emissões *1	Fatores-padrão de distribuição de saídas, parcela de entradas de Hg					
	Ar	Água	Solo	Produtos*2	Resíduos em geral	Tratamento/ destinação específica por setor *4
Absorventes específicos de mercúrio e FT a jusante	0,1		*3	?	?	0,9

Notas: *1 MP = material particulado FT = filtro de tela PES = precipitador eletrostático

*2 Dependendo dos sistemas de limpeza de gases usados, partes do mercúrio de outra forma depositado como resíduos podem chegar a subprodutos comercializados (por exemplo, escória/cinzas para leitos de estradas e cinzas volantes para a produção de cimento);

*3 Caso os resíduos não sejam depositados cuidadosamente, o mercúrio neles contido poderia ser considerado como liberado no solo;

*4 Podem ser depositados em aterros sanitários de resíduos em geral ou em aterros especiais e seguros para resíduos perigosos.

c) Ligações com outras fontes de estimativa de mercúrio

1171. Para as subcategorias de tratamento de resíduos, é muito importante ter em mente que o conteúdo de mercúrio nos resíduos tem sua origem 1) no mercúrio usado intencionalmente em produtos descartados e resíduos de processos; 2) em impurezas naturais de mercúrio em materiais de grande volume (plásticos, papel, etc.) e minerais; e 3) em mercúrio como micropoluentes em grandes volumes de material. Cabe observar que partes dessas entradas de mercúrio podem ser dirigidas aos resíduos urbanos, perigosos e médicos.

1172. Portanto, as liberações de mercúrio no meio ambiente e depósitos de resíduos a partir dessas subcategorias deveriam ser vistas como uma consequência da presença de mercúrio nos produtos usados na sociedade, como descrito nas Seções 5.4- 5.6.

1173. Da mesma forma, as entradas de mercúrio estimadas nas subcategorias de tratamento de resíduos podem ser qualificadas por meio da quantificação das entradas de mercúrio na sociedade.

1174. Totais de entradas calculados a partir de fontes de mercúrio relacionadas com resíduos: para evitar a dupla contagem das entradas de mercúrio com produtos de resíduos na planilha do Inventário Nível 2, apenas 10% da entrada de mercúrio em fontes de incineração, deposição de resíduos em geral e descarte informal são incluídos no total para as entradas de mercúrio. Esses 10% representam aproximadamente a entrada de mercúrio em resíduos a partir de materiais que não foram quantificados individualmente neste Toolkit. Esses materiais incluem coisas como restos de comida, papel, plástico, etc., que geralmente têm concentrações muito baixas de mercúrio, mas volumes muito altos. A fração real de mercúrio a partir desses materiais, das entradas totais de mercúrio em resíduos, irá variar entre regiões, e os dados sobre essa questão são muito escassos na literatura. Dados limitados de uma análise dinamarquesa de fluxo de substância (SKÅRUP et al., 2003) para o mercúrio indicam, no entanto, que essa fração é pequena, na faixa de cerca de 2-20% do total de entradas de mercúrio em resíduos em geral.

5.8.1.6 Principais dados por fonte específica

1175. Nesse caso, os principais dados por fonte específica seriam:

Caso seja possível calcular com precisão considerável as entradas de mercúrio nos resíduos (por meio de produtos, etc.), esses dados de entrada podem ser usados para quantificar as emissões de mercúrio provenientes da incineração de resíduos. No entanto, cabe notar que este Toolkit não quantifica individualmente as entradas de mercúrio na incineração a partir de concentrações residuais de mercúrio em materiais de grande volume (plásticos, papel, etc.), de

modo que a quantificação das entradas totais tende a apresentar números subestimados com a aplicação dessa abordagem.

1176. Como é difícil medir as entradas de mercúrio nos resíduos ou quantificá-las com precisão, os dados a seguir podem contribuir para a obtenção dos melhores cálculos de liberações/saídas de mercúrio a partir da incineração de resíduos:

- Liberações atmosféricas: medições das concentrações médias de mercúrio no gás de combustão, combinadas com as medições de gás de combustão produzido (por ano) em condições médias;
- Saídas para resíduos sólidos: medições das concentrações médias de mercúrio e quantidades de resíduos produzidos por ano para cada fluxo de saída de resíduos relevante (cinzas/escórias, resíduos de purificação de gás de combustão, placas de gesso, etc.);
- Liberações aquáticas (se houver): medições das concentrações médias de mercúrio nas descargas líquidas, combinadas com medições das quantidades descarregadas (por ano) em condições médias.

1177. Ver também orientação sobre coleta de dados na Seção 4.4.5.

5.8.2 INCINERAÇÃO DE RESÍDUOS PERIGOSOS

5.8.2.1 Descrição da subcategoria

1178. O teor de mercúrio no fluxo de resíduos perigosos tem sua origem principalmente no mercúrio usado intencionalmente em produtos descartados e resíduos de processos. Parte dos resíduos perigosos é incinerada como forma de tratamento/destinação. As concentrações de mercúrio dependem diretamente das entradas de mercúrio nos resíduos, e provavelmente irão variar muito, portanto, entre diferentes países e circunstâncias.

1179. O termo 'resíduos perigosos' designa resíduos e rejeitos que contêm materiais perigosos em quantidades significativas. Em geral, todos os materiais, incluindo bens de consumo, que requerem precauções especiais e restrições durante o manuseio e o uso pertencem a esse grupo. Quaisquer bens de consumo assim rotulados e que tenham entrado no fluxo de resíduos devem ser considerados resíduos perigosos. Estes incluem solventes e outros hidrocarbonetos voláteis, tintas e corantes, produtos químicos incluindo pesticidas e herbicidas, produtos farmacêuticos, pilhas e baterias, combustíveis, óleos e outros lubrificantes, bem como produtos contendo metais pesados. Além disso, todos os materiais contaminados com esses materiais, tais como trapos ou papel, madeira tratada, resíduos de produção, etc., são considerados resíduos perigosos (UNEP, 2003).

1180. Resíduos com altas concentrações de mercúrio geralmente não seriam adequados para incineração, e idealmente deveriam ser separados dos resíduos perigosos antes da incineração e tratados separadamente. No entanto, na prática isso nem sempre é totalmente possível.

1181. Em geral, os resíduos perigosos são queimados em incineradores com tecnologia especial ou fornos do tipo rotativo. Os incineradores com tecnologia especial incluem fornos com tecnologia muito baixa do tipo tambor, grelha ou retorta. Além disso, outras tecnologias (como a oxidação supercrítica da água e a vitrificação elétrica de arco) que tratam resíduos perigosos podem ser incluídas nesse grupo (embora não sejam necessariamente classificadas como "incineração"). Em alguns países, os resíduos perigosos são incinerados em fábricas de cimento e fornos agregados leves, descritos nas seções 5.3.1 e 5.3.3.

1182. Os incineradores estão equipados com uma grande variedade de dispositivos de controle de poluição do ar, cuja complexidade varia de nenhum controle a sistemas complexos e de ponta, capazes de controlar vários poluentes. De um modo geral, as técnicas de controle empregadas assemelham-se àquelas descritas para a incineração de resíduos urbanos (ver Seção 5.8).

5.8.2.2 Principais fatores determinantes de liberações de mercúrio e saídas de mercúrio

Tabela 5-192 Principais liberações e meios receptores a partir da incineração de resíduos perigosos

Fase do ciclo de vida	Ar	Água	Solo	Produtos	Resíduos em geral	Tratamento/destinação por setor específico
Incineração	X	x			x	X

Notas: X – Via de liberação que deverá predominar para a subcategoria.
x – Outras vias de liberação a serem consideradas, dependendo da fonte específica e da situação nacional.

1183. O teor de mercúrio nos resíduos determina as entradas de mercúrio. A tecnologia de incineração e os sistemas de purificação de gás de combustão aplicados determinam a distribuição da saída de mercúrio entre emissões atmosféricas, acumulação em resíduos sólidos da incineração e da purificação de gases, e liberações na água (apenas indiretamente na água através de alguns tipos de tecnologia de purificação de gás de combustão).

5.8.2.3 Discussão de entradas de mercúrio

1184. As entradas de mercúrio nos resíduos perigosos podem variar muito entre países, devido às diferenças nas práticas de triagem e tratamento de resíduos. Dados gerais sobre entradas de mercúrio neste setor, provavelmente não poderão ser definidos e, consequentemente, seria necessária uma pesquisa detalhada de dados e/ou medições em cada instalação de resíduos perigosos.

1185. Caso haja cálculos confiáveis de liberações de mercúrio em condições muito semelhantes (pode ser dentro do mesmo país ou região local), uma extrapolação com base nas quantidades de resíduos é uma abordagem possível para estimativas preliminares.

5.8.2.4 Exemplos de mercúrio em liberações e rejeitos/resíduos

1186. A US EPA estimou emissões atmosféricas de mercúrio a partir de incineradores de resíduos perigosos para o ano de 1996. Usando cálculos semelhantes, estimou-se uma taxa média de emissão de mercúrio como ponto de referência para fornos de cimento e fornos de agregados leves (US EPA, 1997a). Estima-se que o total de emissões atmosféricas de mercúrio provenientes da queima de resíduos perigosos nos EUA, em 1996, foi de 6,3 toneladas (US EPA, 1997a). Não há dados sobre as saídas de mercúrio para resíduos sólidos ou águas residuais.

1187. Os incineradores estão equipados com uma grande variedade de dispositivos de controle de poluição do ar, cuja complexidade varia de nenhum controle a sistemas complexos e de ponta, capazes de controlar vários poluentes. De um modo geral, as técnicas de controle empregadas assemelham-se àquelas descritas para a incineração de resíduos urbanos (ver Seção 5.8).

5.8.2.5 Fatores de entrada e fatores de distribuição de saídas

1188. Devido à falta de dados, não é razoável definir fatores-padrão para a incineração de resíduos perigosos. Cabe observar, no entanto, que a incineração de resíduos perigosos pode ser uma fonte de liberação de mercúrio significativa e, portanto, não deve ser negligenciada no inventário. Se possível, dados específicos do local devem ser obtidos. Nos casos em que não for possível obter dados específicos do local, uma primeira estimativa, muito aproximada, pode ser obtida pela combinação de dados para as quantidades de resíduos perigosos incinerados, com os fatores-padrão de entrada estabelecidos para resíduos de serviço de saúde (Seção 5.8.3); muitas das possíveis fontes de entrada de mercúrio são as mesmas. Para as saídas de mercúrio,

os fatores-padrão de distribuição de saídas definidos para a incineração de resíduos sólidos urbanos podem ser usados como padrão (Seção 5.8.1)

1189. Caso existam estimativas confiáveis sobre a liberação de mercúrio em determinado local com condições muito semelhantes (dentro do próprio país ou da região específica), a extrapolação baseada no volume de resíduos pode ser uma abordagem mais adequada para estabelecer estimativas preliminares.

1190. Ligações com outras estimativas de fontes de mercúrio - No caso das subcategorias de tratamento de resíduos, é importante lembrar que o conteúdo de mercúrio nos resíduos tem origem 1) no mercúrio intencionalmente utilizado nos produtos descartados e nos resíduos dos processos; 2) nas impurezas naturais de mercúrio em materiais e minerais produzidos em grande volume (plástico, papel, etc.); e 3) no mercúrio resultante de poluentes gerados pela ação humana em materiais de grande volume. Vale destacar que parte dessas entradas de mercúrio pode ser direcionada para os resíduos municipais, perigosos e de serviços de saúde.

1191. Dessa forma, as liberações de mercúrio no meio-ambiente e os depósitos de resíduos produzidos a partir dessas subcategorias podem ser considerados uma consequência da presença do mercúrio nos produtos consumidos pela sociedade.

1192. Paralelamente, as estimativas das entradas de mercúrio nas subcategorias de tratamento de resíduos podem ser qualificadas por meio da quantificação das entradas de mercúrio na sociedade com produtos e materiais, conforme descrito nas Seções 5.4 - 5.6. É importante estar atento à possibilidade de contagem dupla dessas entradas de mercúrio no desenvolvimento do inventário de mercúrio.

1193. Total de entradas calculado a partir de fontes de mercúrio relacionadas a resíduos: Para evitar a contagem dupla das entradas de mercúrio nos resíduos no total de entradas na planilha do Inventário Nível 2, apenas 10% das entradas de mercúrio nas fontes de incineração de resíduos, na deposição de resíduos em geral e no despejo informal são incluídas no total de entradas de mercúrio. Esses 10% representam aproximadamente as entradas de mercúrio no resíduo de materiais não quantificados individualmente neste Toolkit. Esses materiais incluem resíduos de alimentos, papel, plástico, etc., ou seja, produtos que geralmente possuem baixíssimas concentrações de mercúrio, mas que são fabricados em grandes quantidades. A fração de mercúrio proveniente desses materiais no que se refere ao total de entradas de mercúrio nos resíduos variará entre as regiões e há poucos dados disponíveis sobre essa questão na literatura. Dados limitados obtidos de uma análise dinamarquesa sobre os fluxos de substâncias (SKÅRUP et al., 2003) relativos ao mercúrio indicam, no entanto, que essa fração de mercúrio é pequena, na faixa entre 2-20% do total de entradas de mercúrio no resíduo geral.

5.8.2.6 Dados principais específicos da fonte

1194. Nesse caso, os dados mais importantes específicos da fonte seriam:

- Caso as entradas de mercúrio nos resíduos (por meio de produtos, etc.) possam ser estimadas com precisão, esses dados de entrada poderão ser utilizados na quantificação das liberações de mercúrio provenientes da incineração de resíduos. Vale ressaltar, no entanto, que as entradas de mercúrio na incineração a partir de concentrações de traços de mercúrio em materiais produzidos em grande volume (plástico, papel, etc.) não são quantificadas individualmente neste Toolkit e que, provavelmente, a quantificação das entradas totais seria subestimada utilizando essa abordagem.

1195. Tendo em vista que as entradas de mercúrio nos resíduos são geralmente difíceis de mensurar ou quantificar de maneira precisa, os dados a seguir provavelmente oferecem as melhores estimativas de liberações/saídas de mercúrio provenientes da incineração de resíduos:

- Liberações atmosféricas: Medidas das concentrações médias de mercúrio nos gases de combustão combinadas com medidas dos gases de combustão produzidos (por ano) em condições médias;Saídas para resíduos sólidos: Medidas das concentrações médias de mercúrio e das quantidades de resíduos produzidos por ano para cada fluxo relevante de saída de resíduos (cinzas/escórias, resíduos de limpeza de gases de combustão, gesso cartonado, etc.);
- Liberações em meio aquático (se existentes): Medidas das concentrações médias de mercúrio em descargas em meio aquático combinadas com medidas das quantidades descarregadas (por ano) em condições médias.

5.8.3 INCINERAÇÃO DE RESÍDUOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE

5.8.3.1 Descrição da subcategoria

1196. Os resíduos de serviços de saúde incluem resíduos infectantes e não-infectantes gerados por diversas instituições prestadoras de assistência médica, assistência veterinária ou atividades de pesquisa, como hospitais, clínicas, consultórios médicos e odontológicos, asilos, clínicas veterinárias e hospitalares, laboratórios médicos, faculdades de medicina e de veterinária e unidades de pesquisa. O conteúdo de mercúrio no fluxo de resíduos de serviços de saúde é proveniente principalmente de mercúrio intencionalmente utilizado em produtos descartados e dos resíduos dos processos. As concentrações de mercúrio dependem diretamente das entradas de mercúrio nos resíduos e, portanto, podem variar significativamente dependendo do país e das circunstâncias locais.

1197. Os resíduos de serviços de saúde são todos os resíduos oriundos de atividades médicas, independentemente dessas atividades serem praticadas em um hospital ou realizadas por um médico, um dentista ou qualquer outro profissional de saúde. Os resíduos produzidos durante essas atividades incluem secreções, sangue, medicamentos, material de embalagem e/ou instrumentos utilizados para o tratamento médico de pessoas ou animais. Para destruir vírus, bactérias e patógenos de maneira segura, esses resíduos geralmente são eliminados termicamente por incineração (UNEP, 2003). Um incinerador de resíduos de serviços de saúde (IRSS) é qualquer dispositivo que queime tais resíduos.

1198. Em alguns países, os resíduos de serviços de saúde - conforme definido acima - são incinerados em incineradores de resíduos perigosos ou em incineradores de resíduos municipais adequados para esse fim.

1199. As informações disponíveis indicam que os sistemas de IRSS podem representar fontes significativas de emissões de mercúrio. As emissões de mercúrio são provenientes dos materiais com teor de mercúrio encontrados dentre os resíduos. Algumas fontes conhecidas de mercúrio incluem termômetros, amálgama odontológico, medidores de pressão arterial, pilhas, substâncias químicas laboratoriais (em amostras de tecidos, etc.), lâmpadas fluorescentes, lâmpadas de descarga de alta intensidade (vapor de mercúrio, haleto metálico e vapor de sódio de alta pressão), papeis especiais, películas e pigmentos. A maior parte desses materiais deve passar por uma triagem e ser retirada do fluxo de resíduos antes da incineração, se possível. Essa categoria tem vários pontos em comum com as entradas de mercúrio nos resíduos perigosos e, em muitos casos, pode ser difícil determinar a distribuição de entradas de mercúrio se ambos os tipos de incineração de resíduos são realizados em um país.

1200. Os incineradores são equipados com uma grande variedade de dispositivos de controle de poluição do ar. Em geral, as técnicas de controle utilizadas lembram aquelas descritas para a incineração de resíduos municipais (ver Seção 5.8.1).

1201. Vários tipos de configurações foram usados no sistema de controle de poluição do ar para controlar o material particulado (MP) e as emissões de gases das chaminés dos incineradores de

resíduos de serviços de saúde. A maior parte dessas configurações se encaixa na classificação geral de sistemas úmidos e sistemas secos. Os sistemas úmidos geralmente incluem um lavador úmido, projetado para realizar o controle de MP (lavador tipo Venturi ou lavador tipo spray), combinado com um lavador tipo torre de enchimento (packed-bed) para a remoção de gases ácidos e um sistema de eliminação de névoa de alta eficiência. A maior parte dos sistemas secos usa um filtro de manga para a remoção do MP, mas precipitadores eletrostáticos (PESs) foram instalados em alguns incineradores de resíduos de serviços de saúde de maior porte. Esses sistemas secos podem utilizar a injeção de solvente seco ou a secagem por spray acima do dispositivo de MP para melhorar o controle de gases ácidos. Além disso, alguns sistemas utilizam uma combinação de sistema seco/úmido que consiste de um sistema de injeção de solvente seco/filtro de manga seguido do lavador tipo Venturi. Tendo em vista que os sistemas descritos acima foram projetados primariamente para o controle de MP e de gases ácidos, todos possuem certas limitações referentes ao controle de mercúrio. Ainda assim, estudos da Agência de Proteção Ambiental dos EUA (EPA) indicam que os sistemas de injeção de solventes/filtro de manga podem realizar o controle de mercúrio de forma mais eficiente se carvão ativado for acrescentado ao material solvente (US EPA, 1997a).

5.8.3.2 Principais fatores determinantes das liberações de mercúrio e das saídas de mercúrio

Tabela 5-193 Principais liberações e meios receptores na incineração de resíduos de serviços de saúde

Fase do ciclo de vida	Ar	Água	Solo	Produtos	Resíduos Gerais	Tratamento/destinação específica do setor
Incineração	X	x			x	X

Notas: X – Provável via de liberação predominante para a subcategoria.
x – Possíveis outras vias de liberação, dependendo da fonte específica e da situação nacional.

1202. O conteúdo de mercúrio nos resíduos determina as entradas de mercúrio. A tecnologia de incineração e especialmente os sistemas de limpeza dos gases de combustão determinam a distribuição da saída de mercúrio nas emissões atmosféricas, em resíduos da incineração e da limpeza de gases, e nas liberações no meio aquático (apenas indiretamente na água via alguns tipos de tecnologias de limpeza de gases de combustão).

5.8.3.3 Discussão sobre as entradas de mercúrio

Tabela 5-194 Visão geral dos dados de taxa de atividade e dos tipos de fatores de entrada de mercúrio necessários para calcular as liberações oriundas da incineração de resíduos de serviços de saúde

Dados de taxa de atividade necessários	Fator de entrada de mercúrio
Quantidade de resíduos incinerados	Concentração de mercúrio nos resíduos

1203. De acordo com a US EPA (2004), a concentração de mercúrio nos resíduos de serviços de saúde é 50 vezes maior do que a encontrada nos resíduos municipais dos Estados Unidos em geral. A quantidade de mercúrio emitida pelos incineradores de uso médico é, em média, 60 vezes maior do que o volume produzido pelos incineradores de resíduos patogênicos.

5.8.3.4 Exemplos de mercúrio nas liberações e nos resíduos

1204. No Canadá, em 1995, 580 kg de mercúrio foram emitidos para a atmosfera a partir de 218 incineradores biomédicos. Esse valor corresponde a 28% das emissões totais oriundas

da incineração de resíduos no país (ENVIRONMENT CANADA, 2000). As fontes de mercúrio nos resíduos incluíam pilhas, lâmpadas fluorescentes e de alta intensidade, luminárias, termômetros, papeis especiais e películas, material farmacêutico e material pigmentado. Um programa de amostragem de emissões implementado em 1990 em seis hospitais de Ontário demonstrou que, em média, 14 gramas de mercúrio eram emitidos para cada tonelada de resíduos incinerada (Environment Canada, 2000).

1205. Nos Estados Unidos, em 1996, 14,6 toneladas de mercúrio foram emitidas para a atmosfera como resultado da incineração de 204.000 toneladas de resíduos patogênicos e de 1.410.000 toneladas de resíduos de serviços de saúde gerais (US EPA, 1997b). Isso equivale a uma emissão atmosférica média de 8,9 g/tonelada de resíduos.

1206. Os resíduos de serviços de saúde gerais contêm uma quantidade significativamente maior de mercúrio do que os resíduos patogênicos. Consequentemente, a média de emissões dos resíduos de serviços de saúde será um pouco maior do que 8,2 g de mercúrio por tonelada (US EPA, 2004).

1207. O principal ponto de escoamento das emissões oriundas da incineração de resíduos de serviços de saúde para a atmosfera é a chaminé de exaustão do gás de combustão. Ainda assim, pequenas quantidades de mercúrio podem estar presentes nas emissões fugitivas de MP provenientes das operações de manuseio de cinzas, especialmente quando as cinzas volantes são coletadas por um sistema seco de controle de poluição do ar com grande eficiência na remoção de mercúrio. Durante as décadas de 1980 e 1990, as emissões de mercúrio foram medidas em pelo menos 47 incineradores de resíduos de serviços de saúde (IRSS) nos EUA. Aproximadamente 40 desses testes foram considerados adequados pela US EPA para o desenvolvimento do fator de emissão (US EPA, 1997a).

1208. A US EPA desenvolveu fatores de emissão para IRSSs com controles de combustão, lavadores úmidos, sistemas de filtro de manga/torre de enchimento (packed-bed) e lavadores secos (com e sem injeção de carvão ativado).

1209. A Tabela 5-190 apresenta os fatores de emissões atmosféricas para os IRSSs com cada tecnologia de controle desenvolvidos pela US EPA (1997a). Os fatores de emissões mostrados na tabela são fatores de emissões médias que representam as emissões de IRSSs de uso contínuo e intermitente que queimam uma mistura de resíduos infectantes e não infectantes. O procedimento usado para calcular os fatores de emissão de IRSSs fornece fatores de emissões médias que ilustram a situação da indústria de modo geral, no entanto, esse processo não deve ser utilizado para determinar os fatores de emissão para instalações de modo individualizado. Os números parecem indicar que as entradas de mercúrio nos resíduos de serviços de saúde incinerados seriam iguais ou maiores do que 37 g de mercúrio por tonelada de resíduos. Pode ter ocorrido uma redução nesses valores a partir de 1997.

Tabela 5-195 Fatores de emissão atmosférica de mercúrio para incineradores de resíduos de serviços de saúde (IRSSs), desenvolvidos pela US EPA (1997a)

Controle de Poluição do Ar	g/tonelada de resíduos
Controle de combustão	37
Lavador úmido	1,3
Lavador seco sem carvão	37
Lavador seco com carvão	1,7
Filtro de manga/torre de enchimento (*packed-bed*)	1,3

5.8.3.5 Fatores de entrada e fatores de distribuição de saída

1210. Com base nas informações compiladas acima sobre entradas e saídas e sobre os principais fatores determinantes das liberações, os seguintes fatores preliminares padrão de entrada e de distribuição foram sugeridos nos casos em que dados específicos da fonte não estão disponíveis. Vale ressaltar que os fatores-padrão sugeridos neste Toolkit são baseados em um banco de dados limitado. Dessa forma, devem ser submetidos a revisões à medida que o banco de dados se desenvolve.

1211. Esses fatores-padrão foram instituídos com o objetivo de apresentar uma primeira impressão para determinar se uma subcategoria é uma fonte relevante de liberações de mercúrio no país. Geralmente, estimativas de liberações precisariam ser significativamente refinadas (após realizar os cálculos com os fatores-padrão) antes de tomar qualquer decisão de grande alcance com base nessas estimativas.

a) Fatores-padrão de entrada de mercúrio

1212. Dados existentes sobre os níveis de mercúrio nos resíduos - estabelecidos, por exemplo, por meio dos procedimentos descritos neste Toolkit - levarão às melhores estimativas sobre as liberações.

1213. Caso não existam indicações sobre a concentração de mercúrio nos resíduos, uma primeira estimativa poderá ser realizada utilizando os fatores-padrão de entrada identificados na Tabela 5-196 a seguir (com base nos conjuntos de dados apresentados nesta seção). Em virtude da grande variação nas concentrações, é importante calcular e registrar os intervalos de entradas de mercúrio nessa categoria de fonte. Os fatores-padrão mínimos foram estabelecidos para indicar uma estimativa mínima de entradas de mercúrio em determinada categoria de fonte (mas não o mínimo absoluto). Paralelamente, o fator máximo resultará em uma estimativa máxima.

Tabela 5-196 Fatores preliminares padrão de entrada de mercúrio nos resíduos de serviços de saúde

Material	Fatores-padrão de entrada; g Hg/tonelada de resíduos; mínimo - máximo (intermediário) *1
Resíduos de serviços de saúde *1	8 - 40 (24)

Notas: *1 O fator de entrada mínimo será relevante em uma situação na qual grande parte dos resíduos com alta concentração de mercúrio (termômetros, pilhas, amálgama odontológico, lâmpadas fluorescentes, etc.) já foi separada e destinada para tratamento específico e, portanto, não será tão prevalente no volume restante de resíduos. O fator máximo refletirá uma situação na qual produtos com teor de mercúrio ainda são utilizados em setores médicos e a separação desses produtos do fluxo de resíduos é mais moderada.

b) Fatores-padrão de distribuição de saída de mercúrio

1214. Caso não existam dados específicos sobre a distribuição de saída de mercúrio no local, os fatores-padrão de distribuição de saída de mercúrio para a incineração de resíduos municipais poderão ser aplicados para formar a primeira estimativa aproximada (ver Seção 5.8.1).

c) Ligações com outras estimativas de fontes de mercúrio

1215. No caso das subcategorias de tratamento de resíduos, é importante lembrar que o conteúdo de mercúrio nos resíduos tem origem 1) no mercúrio intencionalmente utilizado nos produtos descartados e nos resíduos dos processos; 2) nas impurezas naturais de mercúrio em materiais e minerais produzidos em grande volume (plástico, papel, etc.); e 3) no mercúrio resultante de poluentes gerados pela ação humana em materiais de grande volume. Vale destacar que parte dessas entradas de mercúrio pode ser direcionada para os resíduos municipais, perigosos e de serviços de saúde.

1216. Dessa forma, as liberações de mercúrio no meio-ambiente e os depósitos de resíduos produzidos a partir dessas subcategorias podem ser considerados uma consequência da presença do mercúrio nos produtos consumidos pela sociedade.

1217. Paralelamente, as estimativas das entradas de mercúrio nas subcategorias de tratamento de resíduos podem ser qualificadas por meio da quantificação das entradas de mercúrio na sociedade com produtos e materiais, conforme descrito nas Seções 5.4 - 5.6. É importante estar atento à possibilidade de contagem dupla dessas entradas de mercúrio no desenvolvimento do inventário de mercúrio.

1218. Total de entradas calculado a partir de fontes de mercúrio relacionadas a resíduos: Para evitar a contagem dupla das entradas de mercúrio nos resíduos no total de entradas na planilha do Inventário Nível 2, apenas 10% das entradas de mercúrio nas fontes de incineração de resíduos, na deposição de resíduos em geral e no despejo informal são incluídas no total de entradas de mercúrio. Esses 10% representam aproximadamente as entradas de mercúrio no resíduo de materiais não quantificados individualmente neste Toolkit. Esses materiais incluem resíduos de alimentos, papel, plástico, etc., ou seja, produtos que geralmente possuem baixíssimas concentrações de mercúrio, mas que são fabricados em grandes quantidades. A fração de mercúrio proveniente desses materiais no que se refere ao total de entradas de mercúrio nos resíduos variará entre as regiões e há poucos dados disponíveis sobre essa questão na literatura. Dados limitados obtidos de uma análise dinamarquesa sobre os fluxos de substâncias (Skårup et al., 2003) relativos ao mercúrio indicam, no entanto, que essa fração de mercúrio é pequena, na faixa entre 2-20% do total de entradas de mercúrio no resíduo geral.

5.8.3.6 Dados principais específicos da fonte

1219. Nesse caso, os dados mais importantes específicos da fonte seriam:

- Se as entradas de mercúrio nos resíduos (por meio de produtos, etc.) puderem ser estimadas com precisão, esses dados de entrada poderão ser utilizados na quantificação das liberações de mercúrio provenientes da incineração de resíduos. Vale ressaltar, no entanto, que as entradas de mercúrio na incineração a partir de concentrações de traços de mercúrio em materiais produzidos em grande volume (plástico, papel, etc.) não são quantificadas individualmente neste Toolkit e que provavelmente a quantificação das entradas totais seria subestimada nessa abordagem.

1220. Tendo em vista que as entradas de mercúrio nos resíduos são geralmente difíceis de mensurar ou quantificar de maneira precisa, os dados a seguir provavelmente oferecem as melhores estimativas de liberações/saídas de mercúrio provenientes da incineração de resíduos:

- Liberações atmosféricas: Medidas das concentrações médias de mercúrio nos gases de combustão combinadas com medidas dos gases de combustão produzidos (por ano) em condições médias;
- Saídas para resíduos sólidos: Medidas das concentrações médias de mercúrio e das quantidades de resíduos produzidos por ano para cada fluxo relevante de saída de resíduos (cinzas/escórias, resíduos de limpeza de gases de combustão, gesso cartonado, etc.);
- Liberações em meio aquático (se existentes): Medidas das concentrações médias de mercúrio em descargas em meio aquático combinadas com medidas das quantidades descarregadas (por ano) em condições médias.

5.8.4 INCINERAÇÃO DE LODO DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE EFLUENTES

5.8.4.1 Descrição da subcategoria

1221. O lodo é o produto de qualquer processo no tratamento de efluentes, independentemente de sua origem (exemplo: efluentes de atividades municipais, agrícolas ou industriais). As concentrações

de mercúrio dependem diretamente das entradas de mercúrio nos efluentes e, portanto, podem variar significativamente dependendo do país e das circunstâncias locais.

1222. Caso a concentração de substâncias perigosas seja baixa o suficiente, o lodo poderá ser utilizado como um fertilizante em terras cultiváveis em alguns países. Caso contrário, a lodo poderá ser incinerado (separadamente ou por meio de combustão em usinas elétricas, incineradores de resíduos municipais, fornos de cimento, etc.), aterrado ou poderá ser submetido a outros tipos de tratamentos, como oxidação úmida, pirólise, gaseificação, etc.

1223. Em alguns países, o lodo de estações de tratamento de efluentes é geralmente enviado para incineração como destinação final. Nos Estados Unidos, por exemplo, estima-se que aproximadamente 785.000 toneladas de lodo (peso seco) sejam incineradas por ano (B. Southworth, 1996, conforme citado em US EPA, 1997a).

Descrição do Processo

1224. O processo de incineração do lodo de estações de tratamento de efluentes possui duas etapas principais. A primeira etapa é a desidratação do lodo (ou vaporização da umidade do lodo). A desidratação é geralmente realizada até atingir de 20-35% de material sólido. Sistemas que usam Processos de Condicionamento Térmico frequentemente produzem lodo desidratado com mais de 40% de sólidos. Geralmente não é necessário utilizar combustível auxiliar no processo de queima do lodo com mais de 25% de material sólido. Após a desidratação, o lodo é enviado ao incinerador e a oxidação térmica é realizada. A descrição a seguir se refere ao processo de incineração de lodo em incineradores separados, geralmente incorporados a estações de tratamento de efluentes maiores: Em geral, as cinzas residuais não queimadas são retiradas do incinerador de modo contínuo e são destinadas a um aterro ou reutilizadas (i.e. tijolos, concreto, asfalto, etc.). Parte dos resíduos não combustíveis, assim como dos compostos orgânicos voláteis não queimados, saem do incinerador pelo fluxo de gases de escape. Dispositivos de controle de poluição do ar, principalmente lavadores úmidos, são usados para remover os poluentes desse fluxo de gases de escape. Posteriormente, o fluxo de gás é expelido e os poluentes são coletados pelo dispositivo de controle e enviados de volta à estação de tratamento com o efluente (e reintroduzidos no sistema de tratamento de efluentes). Tendo em vista que o mercúrio e seus compostos são relativamente voláteis, a maior parte do mercúrio vai sair da câmara de combustão no gás de escape; as concentrações no resíduo das cinzas provavelmente serão insignificantes (US EPA, 1997a).

1225. Se esse sistema não for deliberadamente depurado por meio de qualquer outro tipo de saída de material (por exemplo, o aterramento de cinzas ou de resíduos da limpeza do gás de combustão), teoricamente, as únicas outras vias de saída de mercúrio seriam as liberações atmosféricas da incineração e as liberações do efluente já tratado na saída da estação de tratamento.

5.8.4.2 Principais fatores determinantes das liberações de mercúrio e das saídas de mercúrio

Tabela 5-197 Principais liberações e meios receptores na incineração de lodo de estações de tratamento de efluentes

Processo	Ar	Água	Solo	Produtos	Resíduos em geral	Tratamento/destinação específica do setor
Incineração de lodo	X	X			x	X

Notas: X – Provável via de liberação predominante para a subcategoria;
x – Possíveis outras vias de liberação, dependendo da fonte específica e da situação nacional.

1226. Os fatores determinantes mais importantes na liberação do mercúrio dessa subcategoria são a concentração de mercúrio no lodo incinerado, os tipos de medidas de controle na fonte e a destinação dos resíduos da incineração. Se todos os resíduos de incineração forem retroalimentados de volta à estação de tratamento, a retenção de mercúrio não será alcançada; essa situação estacionária se acumulará e todas as entradas de mercúrio serão liberadas na atmosfera ou em meios aquáticos via o ponto de saída da estação de tratamento de efluentes.

5.8.4.3 Discussão sobre as entradas de mercúrio

Tabela 5-198 Visão geral dos dados de taxa de atividade e dos tipos de fatores de entrada de mercúrio necessários para calcular as liberações oriundas da incineração de lodo de estações de tratamento de efluentes

Dados de taxa de atividade necessários	Fator de entrada de mercúrio
Quantidade de lodo incinerado (preferencialmente com base na matéria seca)	Concentração de mercúrio no lodo incinerado (preferencialmente com base na matéria seca)

Notas: *1 Para a mesma amostra de lodo (com o mesmo conteúdo de mercúrio), a concentração baseada em matéria seca será sempre maior do que a concentração na matéria úmida. Utilize sempre a mesma base (úmida ou seca), no que se refere à quantidade de lodo e à concentração de mercúrio no lodo, ao calcular as entradas de mercúrio.

1227. Os dados mais recentes sobre o conteúdo de mercúrio no lodo de estações de tratamento de efluentes nos Estados Unidos, obtidos da Pesquisa Nacional sobre Lodo de Estações de Tratamento de Efluentes de 1988, mostraram uma concentração média de mercúrio de 5,2 ppmwt (partes por milhão por peso = g Hg/tonelada). Dados anteriores, de meados da década de 1970, indicaram que as concentrações de mercúrio no lodo de estações municipais de tratamento de efluentes variavam entre 0,1 - 89 ppmwt, com uma média de 7 ppmwt e uma mediana de 4 ppmwt. Outros dados históricos coletados pela US EPA de 42 estações municipais de tratamento de efluentes no início da década de 1970 mostraram uma variação entre 0,6 - 43 ppmwt, com uma média de 4,9 ppmwt baseada em material sólido seco (US EPA, 1997a).

1228. Na Dinamarca, em 1999, a concentração média de mercúrio nas amostras de lodo, representando aproximadamente 95% da produção total de lodo das estações de tratamento de efluentes dinamarquesas, era de 1,2 g Hg/tonelada de lodo seco (matéria seca). Desse total, cerca de 41% foram aplicados em terras cultiváveis ou áreas florestais, 28% do material foi incinerado e o restante foi enviado para aterros, armazenado ou tratado (SKÅRUP et al., 2003, baseado em Danish EPA, 2001).

1229. Na Finlândia, a concentração média de mercúrio no lodo de estações de tratamento de efluentes é de 0,5 g Hg/tonelada (matéria seca; Finnish Environment Institute, 2004).

1230. Lassen et al. (2004) apresentam exemplos de registros de concentrações de mercúrio no lodo das estações municipais de tratamento de efluentes. Em algumas grandes cidades (Moscou, São Petersburgo), as concentrações são de cerca de 1-2 g Hg/tonelada (matéria seca). Em cidades menores, as concentrações variam mais; a maioria dos resultados está na faixa entre 0,1-1 g Hg/tonelada (matéria seca), mas 4 dentre 14 cidades de menor porte apresentam resultados que variam de 2,4-10 g Hg/tonelada (matéria seca).

5.8.4.4 Exemplos de mercúrio nas liberações e nos resíduos

1231. Vários lavadores úmidos são usados para controlar as emissões de poluentes oriundas dos incineradores de lodo, inclusive torres de spray com baixa queda de pressão, ciclones úmidos, lavadores tipo Venturi com maior queda de pressão e combinações de lavadores tipo Venturi/lavadores tipo bandeja (*impingment tray scrubbers*) (US EPA, 1997a).

1232. Os fatores de emissões da US EPA foram desenvolvidos para vários cenários de controle e são apresentados na Tabela 5-194. No entanto, a concentração de mercúrio no lodo e a efetividade das tecnologias de controle são muito variáveis, o que significa que esses fatores de emissões são relativamente limitados e incertos.

1233. Se esse sistema não for deliberadamente depurado por meio de qualquer outro tipo de saída de material (por exemplo, o aterramento de cinzas ou de resíduos da limpeza do gás de combustão), teoricamente, as únicas outras vias de saída de mercúrio seriam as liberações atmosféricas da incineração e as liberações do efluente já tratado na saída da estação de tratamento.

Tabela 5-199 Fatores de emissões atmosféricas de mercúrio para incineradores de lodo de estações de tratamento de efluentes nos EUA

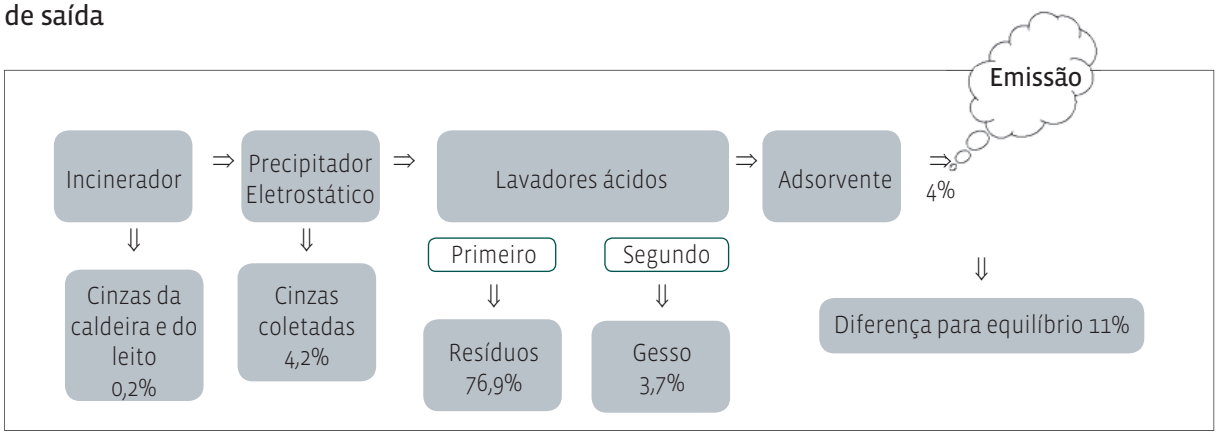
Tipo de incinerador	Situação de controle	Fator de emissão atmosférica de mercúrio em g por tonelada de lodo seco (g/tonelada)
Câmaras múltiplas	Ciclone	2,3
Câmaras múltiplas	Ciclone e lavador Venturi	1,6
Câmaras múltiplas	*Impingement scrubber*	0,97
Câmaras múltiplas	Lavador Venturi e *impingement scrubber*	0,005
Leito fluidizado	Lavador Venturi e *impingement scrubber*	0,03

1234. Na Alemanha, estudos demonstraram que apenas 1-6% do mercúrio proveniente do lodo é encontrado nas cinzas-volantes separadas com os precipitadores eletrostáticos (SAENGER et al., 1999a).

1235. A distribuição do mercúrio por meio da incineração do lodo em um incinerador de leito fluidizado em Hamburgo, na Alemanha, está ilustrada na Figura 5-9. A concentração de mercúrio do gás de combustão bruto estava entre 500 e 950 µg/m3, enquanto a do gás depurado estava abaixo de 40 µg/m3 (SAENGER et al., 1999b).

O incinerador é equipado com um adsorvente com injeção de uma mistura de carvão ativado e cal hidratada. O adsorvente é removido em um filtro fibroso, que é introduzido no incinerador.

Figura 5-9 Equilíbrio de mercúrio em uma usina de incineração de lodo de estação de tratamento de efluentes em Hamburgo, Alemanha (Saenger et al., 1999bFatores de entrada e fatores de distribuição de saída



1236. Fatores-padrão não foram estabelecidos para essa subcategoria. As entradas de mercúrio e as liberações provenientes da incineração de lodo são altamente dependentes das quantidades de mercúrio descarregadas no sistema de tratamento de efluentes.

1237. Ligações com outras estimativas de fontes de mercúrio – O mercúrio no lodo e a incineração do lodo também podem ser calculados na seção sobre tratamento de efluentes. Esteja atento à possibilidade de contagem dupla.

5.8.4.6 Dados principais específicos da fonte

1238. Nesse caso, os dados mais importantes específicos da fonte seriam:

- Dados medidos ou dados da literatura sobre as concentrações de mercúrio no lodo incinerado na fonte;
- Quantidade de lodo incinerado; e
- Dados medidos sobre o equipamento de redução de emissões aplicado na fonte (ou fontes semelhantes com equipamento parecido e condições operacionais similares).

1239. Ver recomendações sobre coleta de dados na Seção 4.4.5.

5.8.5 INCINERAÇÃO INFORMAL DE RESÍDUOS (QUEIMA INFORMAL DE RESÍDUOS A CÉU ABERTO)

5.8.5.1 Descrição da subcategoria

1240. A queima informal de resíduos é definida aqui como a incineração de resíduos realizada em condições informais, em barris, *containers* ou a céu aberto, sem controle de emissão dos gases de combustão e com o espalhamento dos resíduos de incineração no solo. Caso existam traços de mercúrio nos resíduos, parte desse conteúdo será liberado no ar e o restante permanecerá nos resíduos de incineração (inclusive nos resíduos não queimados ou parcialmente degradados), dando margem a liberações subsequentes de mercúrio no ar, na água subterrânea e nas águas superficiais. Em virtude da volatilidade do mercúrio, é provável que a maior parte do mercúrio seja liberada no ar (considera-se 100% nos fatores-padrão na planilha IL2) como consequência da queima informal de resíduos. Esse método de destinação de resíduos pode representar um risco imediato para a comunidade na qual esse procedimento é realizado, porque as emissões atmosféricas (de vários poluentes potentes, além do mercúrio) não são controladas e os resíduos podem causar a contaminação das águas subterrâneas no local.

1241. Caso esse método de destinação de resíduos seja frequentemente utilizado no país ou na região examinada, as liberações de mercúrio em potencial podem ser indicadas por meio da 1) quantificação das entradas de mercúrio com produtos e materiais individuais, conforme descrito neste Toolkit, ou 2) da utilização dos fatores-padrão de entrada de mercúrio (concentrações de mercúrio nos resíduos municipais) descritos na seção 5.8.1 (incineração de resíduos municipais), junto com estimativas aproximadas do volume de resíduos incinerados informalmente por ano. As estimativas resultantes serão imprecisas, mas oferecerão uma certa indicação da ordem de grandeza das liberações de mercúrio provenientes da queima informal de resíduos.

a) Ligações com outras estimativas de fontes de mercúrio

1242. É importante destacar que as liberações de mercúrio provenientes da queima informal de resíduos e do descarte de resíduos são quantificadas como liberações diretas no solo, no ar e na água nas subcategorias de produtos e materiais individuais. Esteja atento à possibilidade de contagem dupla. Vale ressaltar, no entanto, que as entradas de mercúrio na incineração a partir de concentrações de traços de mercúrio em materiais produzidos em grande volume (plástico, papel, etc.) não são quantificadas individualmente em outras partes deste Toolkit

5.9 Deposição de resíduos / aterros sanitários e tratamento de águas residuais

Tabela 5-200 Deposição/aterramento de resíduos e tratamento de efluentes: subcategorias com vias primárias de liberações de mercúrio e abordagem de inventário recomendada

Capítulo	Subcategoria	Ar	Água	Solo	Produto	Resíduo	Principal Abordagem de Inventário
5.9.1	Aterros controlados/depósitos	x	x	X		X	AG
5.9.2	Deposição difusa sob um certo nível de controle	x	X	X		X	AG
5.9.3	Destinação local informal de resíduos de produção industrial	X	X	X			FP
5.9.4	Descarte informal de resíduos em geral	X	X	X			AG
5.9.5	Sistema/tratamento de efluentes		X	X		x	AG/FP

Notas: FP = abordagem de fonte pontual
AG = abordagem geral/nacional
X - Via de liberação que se espera que seja predominante na subcategoria.
x - Outras vias de liberação a serem consideradas em função da situação nacional e da fonte específica.

5.9.1 ATERROS SANITÁRIOS / DEPÓSITOS CONTROLADOS

5.9.1.1 Descrição da subcategoria

1243. O conteúdo de mercúrio no fluxo geral de resíduos tem origem em três grupos principais: 1) no mercúrio intencionalmente utilizado em produtos descartados e nos resíduos dos processos; 2) nas impurezas naturais de mercúrio em materiais e minerais produzidos em grande volume (plástico, latas, etc.), e; 3) no mercúrio como um poluente antropogênico em materiais produzidos a granel. A divisão quantitativa entre deposição, incineração e outros tipos de tratamentos de resíduos varia de país para país. O descarte informal e descontrolado de resíduos pode ser um problema significativo em alguns países. Os tipos de resíduos (e, consequentemente, o conteúdo de mercúrio) que podem ser destinados a aterros/depósitos variam de país para país. Depósitos que recebem frações maiores de resíduos perigosos - por exemplo, substâncias químicas ou resíduos sólidos do processo de incineração - às vezes são projetados para garantir um maior nível de proteção da água subterrânea e de outros ativos ambientais.

1244. Na história de qualquer aterro/depósito, quantidades relativamente pequenas de mercúrio são liberadas anualmente por meio das saídas de água (lixiviação e escoamento superficial) e de ar para a atmosfera, tendo em vista que parte do mercúrio evapora lentamente dos resíduos. O destino do mercúrio liberado com a água depende em grande medida da presença e da eficácia do revestimento protetor abaixo do depósito e da gestão de efluentes correspondente. Caso a água não seja coletada e encaminhada para tratamento, o mercúrio (e outras substâncias) pode contaminar o solo e a água subterrânea abaixo ou ao redor de um depósito. Se a água for tratada, o mercúrio seguirá o mesmo caminho do lodo e será utilizado no solo ou terá outra aplicação, e o restante será descarregado junto com a água que passou pelo tratamento de efluentes (CAGI, 2002).

1245. Na verdade, a maior "liberação" de mercúrio, no que se refere às quantidades de mercúrio associadas com a deposição de resíduos, ocorre com o acúmulo de resíduos - e, consequentemente, de mercúrio – em um local. Isso pode gerar impactos ambientais de longo prazo por meio de escavações, urbanização e outros processos.

1246. Uma alternativa útil para identificar a "composição média" dos resíduos municipais e quantificar as liberações é dividir os volumes de resíduos de acordo com os diferentes fluxos de tratamento de resíduos utilizados no país. As quantificações resultantes da incineração de resíduos podem dar uma ideia geral do conteúdo de mercúrio nos resíduos municipais1249. Segundo Lindberg et al. (2001), os aterros são a única fonte antropogênica mensurada de dimetilmercúrio, que, combinado com o monometilmercúrio, é a principal espécie de mercúrio responsável pelos efeitos nocivos do consumo de frutos do mar no público em geral. O metilmercúrio também é formado do mercúrio elementar (de fontes antropogênicas e naturais) por meio de processos biológicos encontrados na natureza (ver UNEP, 2002).

1247. Shunlin Tang et al. (2004) indicaram uma tendência clara de que as liberações de mercúrio para a atmosfera (mercúrio gasoso total) provenientes de resíduos novos eram maiores durante o dia do que à noite. Esse achado pode sugerir que as liberações de mercúrio para a atmosfera oriundas dos aterros são influenciadas pela temperatura ambiente, como poderia se esperar. Outros fatores suscetíveis a mudanças durante o período de um dia - como a pressão atmosférica - também poderiam influenciar as concentrações de mercúrio nos gases emitidos de aterros. Em geral, estima-se que as liberações de mercúrio de gases dos aterros sejam maiores em regiões com temperaturas mais elevadas, tendo em vista que a volatilidade do mercúrio e do metilmercúrio e que a atividade microbiana depende da temperatura. Além da concentração e da disponibilidade física do mercúrio nos resíduos, as temperaturas ambientes em cada região poderiam ser consideradas um fator importante na análise da preponderância das liberações de mercúrio dos aterros.

5.9.1.2 Principais fatores determinantes das liberações de mercúrio e das saídas de mercúrio

Tabela 5-201 Principais liberações e meios receptores nos aterros controlados/depósitos

Fase do ciclo de vida	Ar	Água	Solo	Produto	Resíduos em geral	Tratamento/destinação específica do setor
Aterros	x	x	X		X	

Notas: X - Provável via de liberação predominante para a subcategoria.
x - Possíveis outras vias de liberação, dependendo da fonte específica e da situação nacional.

5.9.1.3 Discussão sobre as entradas de mercúrio

Tabela 5-202 Visão geral dos dados de taxa de atividade e dos tipos de fatores de entrada de mercúrio necessários para calcular as liberações oriundas de aterros controlados/depósitos

Dados de taxa de atividade necessários	Fator de entrada de mercúrio
Quantidade de resíduos aterrados	Concentração de mercúrio nos resíduos

1248. Para obter mais detalhes sobre o conteúdo de mercúrio nos resíduos municipais, ver Seção 5.8.1 sobre a incineração de resíduos municipais.

5.9.1.4 Exemplos de mercúrio nas liberações

1249. Exemplos de concentrações de mercúrio nos gases de aterros e nos lixiviados podem ser visualizados na Tabela 5-198 abaixo.

1250. Lindberg et al. (2004) destacam que os principais fluxos de mercúrio dos aterros não são provenientes dos gases emitidos, mas sim das liberações produzidas durante o manuseio rotineiro dos resíduos na área de trabalho dos aterros. De acordo com Lindberg et al. (2004), as emissões diretas geralmente representam menos de 10% do total das liberações de mercúrio nos aterros.

1251. Os pesquisadores do Laboratório Nacional de Oak Ridge (EUA) calculam que a perda de mercúrio durante as atividades de coleta, armazenamento, compactação e transferência é comparável com as perdas acumuladas nas áreas de trabalho do aterro. Essa conclusão baseia-se nas quantidades de mercúrio medidas em lixões e fossas abertas nas estações de transferência (NEWMOA, 2003).

1252. Com base nas medições de liberações de mercúrio via estações de queima (flares) de gases de aterro, a cobertura de aterros e a área do aterro em que os resíduos são manuseados antes de serem cobertos, Lindberg (2004) estimou que o total de liberações atmosféricas das operações de aterros municipais no estado da Flórida, EUA, corresponde a 10-50 kg de mercúrio por ano. As liberações de mercúrio produzidas na área de trabalho dos aterros eram dez vezes maiores do que as liberações de mercúrio provenientes do gás de aterro queimado.

Tabela 5-203 Exemplos de concentrações de mercúrio nos gases de aterro e nos lixiviados

País (localização)	Gás de aterro (ng/m3) *1	Lixiviado (µg Hg/l)	Referência e comentários
México (Cidade do México)	Variação em 4 aterros: TGM 20-50; Variação em um 5º aterro: TGM 1100-1500	Variação nos 4 aterros: 0.3-5; 5º aterro: 9	De la Rosa et al., 2004; 5 aterros, resíduos municipais da região da Cidade do México
Coreia	Média: TGM 420		Kim e Kim, 2002, conforme citado por De la Rosa et al., 2004;
EUA (Flórida)	8 aterros ativos: Variação de médias dos locais: TGM 340 – 12000 (6 locais com TGM acima de 1390, 4 locais com TGM acima de 6900) 4 aterros fechados: Variação de médias dos locais: TGM 10 - 140		Lindberg et al., 2004; Também inclui concentracões de DMHg e de MMHg medidas
EUA (Minnesota)	Média de um aterro fechado: TGM 8600		Lindberg et al., 2004
EUA (Delaware)	Média de um aterro ativo: TGM 410		Lindberg et al., 2004
EUA (Califórnia)	Média de um aterro fechado: TGM 4700		Lindberg et al., 2004
China (Guiyang, capital da província de Guizhou)	Gases emitidos de resíduos municipais com mais de 6 meses: TGM: 666 Gases emitidos de resíduos com mais de 12 meses: TGM: 25,6 Gases emitidos de resíduos com mais de 24 meses: TGM: 14,5		Shunlin Tang et al., 2004. Em resíduos municipais.
Dinamarca		0,5	Maag et al., 1996; usado em referência como uma média aproximada

Notas: *1 TGM = mercúrio gasoso total (inclui todas as espécies de mercúrio gasoso presentes).
MMHg: Monometilmercúrio (espécie orgânica), DMHg: Dimetilmercúrio (espécie orgânica).

5.9.1.5 Fatores de entrada e fatores de distribuição de saída

a) Fatores-padrão de entrada de mercúrio

1253. Dados existentes sobre os níveis de mercúrio nos resíduos - estabelecidos, por exemplo, por meio dos procedimentos descritos neste Toolkit - levarão às melhores estimativas sobre as entradas de mercúrio em aterros.

1254. Caso não existam indicações sobre a concentração de mercúrio nos resíduos municipais, uma primeira estimativa poderá ser realizada utilizando os fatores-padrão de entrada identificados na Tabela 5-199 abaixo (com base nos conjuntos de dados apresentados na seção 5.8.1 sobre incineração de resíduos municipais). Em virtude da grande variação nas concentrações, é importante calcular e registrar os intervalos de entradas de mercúrio nessa categoria de fonte. Os fatores-padrão mínimos foram estabelecidos para indicar uma estimativa mínima de entradas de mercúrio em determinada categoria de fonte (mas não o mínimo absoluto). Paralelamente, o fator máximo resultará em uma estimativa máxima. O fator de entrada mínimo será relevante em uma situação na qual grande parte dos resíduos com alta concentração de mercúrio (termômetros, pilhas, amálgama odontológico, interruptores, etc.) já foi separada e destinada para tratamento específico e, portanto, não será tão prevalente no volume restante de resíduos municipais. O fator de entrada máximo será relevante em situações nas quais essa seleção não foi realizada e a maior parte dos resíduos com alta concentração de mercúrio está presente nos resíduos municipais. Como mencionado, os níveis de mercúrio nos resíduos são diretamente dependentes do consumo de produtos e materiais com mercúrio no país analisado.

1255. Os fatores-padrão de entrada derivam de dados provenientes apenas de países desenvolvidos. Um teste simples baseado nos resultados do Inventário Nível 2 indicará se os fatores-padrão superestimam as liberações de mercúrio no país. Mais detalhes poderão ser obtidos no Anexo 8.5.

1256. Não existem fatores-padrão de entrada para aterros de resíduos perigosos em virtude da inexistência de dados.

Tabela 5-204 Fatores preliminares padrão de entrada de mercúrio nos resíduos municipais

Material	Fatores-padrão de entrada; g Hg/tonelada de resíduos; mínimo – máximo (intermediário) *1
Resíduos municipais sólidos (resíduos "domiciliares" em geral) *1	1 - 10 (5)

Notas: *1 O fator de entrada mínimo será relevante em uma situação na qual grande parte dos resíduos com alta concentração de mercúrio (termômetros, pilhas, amálgama odontológico, interruptores, etc.) já foi separada e destinada para tratamento específico e, portanto, não será tão prevalente no volume restante de resíduos municipais. O fator de entrada máximo será relevante em situações nas quais essa seleção não foi realizada e a maior parte dos resíduos com alta concentração de mercúrio está presente nos resíduos municipais. Como mencionado, os níveis de mercúrio nos resíduos são diretamente dependentes do consumo de produtos e materiais com mercúrio no país analisado.

a) Fatores-padrão de distribuição de saída de mercúrio

1257. Os dados disponíveis são insuficientes para gerar fatores de entrada correlacionados com fatores de distribuição de saída, como preceitua este Toolkit. O Relatório de Referência fornece um resumo dos dados sobre emissões no ar e nos lixiviados. Os poucos dados disponíveis indicam que as emissões atmosféricas de mercúrio provenientes dos aterros são relativamente modestas quando comparadas a grandes fontes de mercúrio, como usinas termoelétricas a carvão, etc. Ainda assim, para demonstrar que os aterros são uma fonte relevante de liberações de mercúrio, fatores artificiais de saída foram estabelecidos usando os seguintes valores: No ar: 0,01 de mercúrio nos resíduos aterrados por ano (ou seja, calcula-se que 1% do mercúrio aterrado é liberado no ar durante o tempo de vida do aterro; uma fração realista, mas provavelmente subestimada). Na água (via lixiviado): 0,0001 de mercúrio nos resíduos aterrados por ano. Ver tabela a seguir.

Tabela 5-205 Fatores preliminares padrão de emissões sugeridos para o aterramento de resíduos municipais

	Fatores-padrão de distribuição de saída, parcela da entrada de Hg					
	Ar	Água	Solo	Produtos	Resíduos em geral	Tratamento/destinação específica do setor
Aterramento de resíduos municipais	0,01	0,0001	–	–	–	–

c) Ligações com outras estimativas de fontes de mercúrio

1258. No caso das subcategorias de tratamento de resíduos, é importante lembrar que o conteúdo de mercúrio nos resíduos tem origem 1) no mercúrio intencionalmente utilizado nos produtos descartados e nos resíduos dos processos; 2) nas impurezas naturais de mercúrio em materiais e minerais produzidos em grande volume (plástico, papel, etc.); e 3) no mercúrio resultante de poluentes gerados pela ação humana em materiais de grande volume. Vale destacar que parte dessas entradas de mercúrio pode ser direcionada para os resíduos municipais, perigosos e de serviços de saúde.

1259. Dessa forma, as liberações de mercúrio no meio-ambiente e os depósitos de resíduos produzidos a partir dessas subcategorias podem ser considerados uma consequência da presença do mercúrio nos produtos consumidos pela sociedade.

1260. Paralelamente, as estimativas das entradas de mercúrio nas subcategorias de tratamento de resíduos podem ser qualificadas por meio da quantificação das entradas de mercúrio na sociedade com produtos e materiais, conforme descrito nas Seções 5.4 - 5.6. É importante estar atento à possibilidade de contagem dupla dessas entradas de mercúrio no desenvolvimento do inventário de mercúrio.

1261. Vale ressaltar que as entradas de mercúrio na incineração a partir de concentrações de traços de mercúrio em materiais produzidos em grande volume (plástico, papel, etc.) não são quantificadas individualmente neste Toolkit.

5.9.1.6 Dados principais específicos da fonte

1262. Nesse caso, os dados mais importantes específicos da fonte seriam:

- Quantidade de resíduos enviados aos aterros; e
- Concentração de mercúrio nos resíduos enviados aos aterros.

5.9.2 DEPOSIÇÃO DIFUSA SOB CERTO GRAU DE CONTROLE

5.9.2.1 Descrição da subcategoria

1263. Essa subcategoria se refere à deposição de tipos especiais de resíduos em estradas, construções e outros empreendimentos em conformidade com procedimentos controlados (baseados na avaliação de riscos) e com uma certa retenção de poluentes no processo de lavagem (*wash-out*), etc. Alguns exemplos são os resíduos de incineração, as cinzas volantes da combustão do carvão e outros resíduos sólidos. No longo prazo, essa deposição pode ocasionar liberações de mercúrio no solo, na água subterrânea, na água de superfície e na atmosfera e, consequentemente, pode ser uma fonte de mercúrio em potencial em circunstâncias específicas. A subcategoria cobre resíduos geralmente produzidos em grande quantidade.

1264. Essa subcategoria não foi quantificada separadamente neste Toolkit, mas está incluída nas subcategorias nas quais os resíduos são gerados e onde recebe a denominação de saídas para “tratamento/destinação específica do setor”, junto com uma nota descritiva.

5.9.3 DEPOSIÇÃO INFORMAL LOCAL DE RESÍDUOS DA PRODUÇÃO INDUSTRIAL

5.9.3.1Descrição da subcategoria

1265. Em muitos países, as atividades históricas de produção que usam e liberam mercúrio causam a deposição - geralmente no próprio local - de resíduos com alto teor de mercúrio. Dados sobre atividades semelhantes realizadas atualmente não foram coletados, mas não podem ser descartados, especialmente em países com uma regulamentação menos rigorosa dessas atividades industriais.

1266. Há incidentes locais ou nacionais envolvendo a destinação informal ou ilegal de resíduos com alto teor de mercúrio e é difícil fazer qualquer tipo de descrição generalizada desse fenômeno. No entanto, é provável encontrar candidatos dentre as atividades industriais listadas na seção sobre focos potenciais (Seção 5.11).

1267. A destinação informal de resíduos com mercúrio pode causar contaminações graves e, portanto, é uma fonte de liberação de mercúrio relevante que deve ser identificada e analisada de maneira individualizada.

5.9.4 DESCARTE INFORMAL DE RESÍDUOS EM GERAL

5.9.4.1 Descrição da subcategoria

1268. O descarte informal de resíduos é definido como o descarte realizado em condições informais, sem qualquer tipo de proteção para minimizar a liberação de poluentes no ambiente. Caso exista mercúrio nos resíduos, isso representa um risco de liberação de mercúrio no solo, no ar, na água subterrânea e na água de superfície. Esse método de destinação de resíduos pode representar um risco imediato para a comunidade na qual esse procedimento é realizado, porque o mercúrio (e outras fontes de contaminação) pode causar a contaminação das águas subterrâneas no local.

1269. Caso esse método de destinação de resíduos seja frequentemente utilizado no país ou na região examinada, as liberações de mercúrio em potencial podem ser indicadas por meio 1) da quantificação das entradas de mercúrio com produtos e materiais individuais, conforme descrito neste Toolkit, ou 2) da utilização dos fatores-padrão de entrada de mercúrio (concentrações de mercúrio nos resíduos municipais) descritos na seção 5.8.1 (incineração de resíduos municipais) junto com estimativas aproximadas do volume de resíduos descartados informalmente por ano. As estimativas resultantes serão imprecisas, mas oferecerão uma certa indicação da ordem de grandeza das liberações de mercúrio provenientes do descarte informal de resíduos.

5.9.4.2 Fatores de entrada e fatores de distribuição de saída

a) Fatores-padrão de entrada de mercúrio

1270. Dados existentes sobre os níveis de mercúrio nos resíduos - estabelecidos, por exemplo, por meio dos procedimentos descritos neste Toolkit - levarão às melhores estimativas sobre as entradas de mercúrio nos descartes informais.

1271. Caso não existam indicações sobre a concentração de mercúrio nos resíduos em geral, uma primeira estimativa poderá ser realizada utilizando os fatores-padrão de entrada identificados na Tabela 5-201 abaixo (com base nos conjuntos de dados apresentados na seção 5.8.1 sobre incineração de resíduos municipais). Em virtude da grande variação nas concentrações, é

importante calcular e registrar os intervalos de entradas de mercúrio nessa categoria de fonte. Os fatores-padrão mínimos foram estabelecidos para indicar uma estimativa mínima de entradas de mercúrio em determinada categoria de fonte (mas não o mínimo absoluto). Paralelamente, o fator máximo resultará em uma estimativa máxima. O fator de entrada mínimo será relevante em uma situação na qual grande parte dos resíduos com alta concentração de mercúrio (termômetros, pilhas, amálgama odontológico, interruptores, etc.) já foi separada e destinada para tratamento específico e, portanto, não será tão prevalente no volume restante de resíduos municipais. O fator de entrada máximo será relevante em situações nas quais essa seleção não foi realizada e a maior parte dos resíduos com alta concentração de mercúrio está presente nos resíduos municipais. Como mencionado, os níveis de mercúrio nos resíduos são diretamente dependentes do consumo de produtos e materiais com mercúrio no país analisado.

1272. Os fatores-padrão de entrada derivam de dados provenientes apenas de países desenvolvidos. Um teste simples baseado nos resultados do Inventário Nível 2 indicará se os fatores-padrão superestimam as liberações de mercúrio no país. Mais detalhes poderão ser obtidos no Anexo 8.5.

Tabela 5-206 Fatores preliminares padrão de entrada de mercúrio nos resíduos em geral

Material	Fatores-padrão de entrada; g Hg/tonelada de resíduos; mínimo – máximo (intermediário) *1
Resíduos sólidos municipais (resíduos "domiciliares" em geral) *1	1 - 10 (5)

Notas: *1 O fator de entrada mínimo será relevante em uma situação na qual grande parte dos resíduos com alta concentração de mercúrio (termômetros, pilhas, amálgama odontológico, interruptores, etc.) já foi separada e destinada para tratamento específico e, portanto, não será tão prevalente no volume restante de resíduos municipais. O fator de entrada máximo será relevante em situações nas quais essa seleção não foi realizada e a maior parte dos resíduos com alta concentração de mercúrio está presente nos resíduos municipais. Como mencionado, os níveis de mercúrio nos resíduos são diretamente dependentes do consumo de produtos e materiais com mercúrio no país analisado.

b) Fatores-padrão de distribuição de saída de mercúrio

1273. Os fatores-padrão de distribuição de saída listados abaixo poderão ser utilizados caso não existam conhecimentos específicos disponíveis. Esses fatores-padrão foram baseados na premissa de que a maior parte do mercúrio é liberado no solo e que pequenas frações poderão ser liberadas no ar via evaporação e na água via o escoamento superficial da água pluvial. Esses fatores-padrão sinalizam apenas que essas liberações podem ser significativas.

Tabela 5-207 Fatores preliminares padrão de distribuição de saída de mercúrio para o descarte informal de resíduos em geral

	Fatores-padrão de distribuição de saída, parcela da entrada de Hg					
	Ar	Água	Solo	Produtos	Resíduos em geral	Tratamento/destinação específica do setor
Descarte informal de resíduos em geral	0,1	0,1	0,8	-	-	-

1274. Ligações com outras estimativas de fontes de mercúrio - É importante destacar que as liberações de mercúrio na incineração informal de resíduos e no descarte informal de resíduos sob as subcategorias de produtos e materiais individuais são quantificadas nessas subseções como liberações diretas no solo, no ar e na água. Esteja atento à possibilidade de contagem dupla. Vale ressaltar, no entanto, que as entradas de mercúrio no descarte a partir de concentrações de traços de mercúrio em materiais produzidos em grande volume (plástico, papel, etc.) não são quantificadas individualmente em outras partes deste Toolkit.

5.9.5 SISTEMA/TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS

5.9.5.1 Descrição da subcategoria

1275. Os fatores mais importantes relativos às liberações de mercúrio dos efluentes são a quantidade de resíduos com conteúdo de mercúrio despejada no sistema e a concentração de mercúrio nesses resíduos. O conteúdo de mercúrio nos efluentes é basicamente proveniente de dois grupos de fontes: 1) o mercúrio intencionalmente utilizado em produtos e processos (amálgama odontológico, vazamentos de termômetros e de outros dispositivos, descargas industriais); e 2) o mercúrio atmosférico advindo da precipitação e descarregado nos sistemas de efluentes (originário de fontes antropogênicas e naturais). Dessa forma, o tratamento de efluentes é uma fonte intermediária de liberação de mercúrio, pois as entradas de mercúrio provenientes da fonte original de contaminação são distribuídas nas vias de saída na água (com a água tratada), no solo (com a aplicação do lodo como fertilizante) e no ar (com a incineração e aplicação do lodo). Além disso, parte do lodo é destinado aos aterros.

1276. A divisão quantitativa entre a parte direcionada para os sistemas públicos de tratamento de efluentes e a parte descarregada diretamente nos ambientes aquáticos varia de país para país e, possivelmente, entre regiões de um mesmo país. Essa mesma situação se aplica ao nível de remoção de mercúrio alcançado nos sistemas de tratamento antes da água ser descarregada no meio ambiente (a eficiência de retenção de mercúrio pode variar consideravelmente dependendo das configurações específicas de cada estação de tratamento). Essa subcategoria também inclui sistemas de tubulação para transferência de efluentes diretamente para o mar, o oceano ou as hidrovias sem a realização de atividades de limpeza dos efluentes.

1277. As estações de tratamento de efluentes são instalações que recebem águas residuais de fontes domésticas e industriais e realizam a limpeza, filtragem e tratamento desses efluentes de diversas maneiras para remover materiais nocivos e para produzir águas limpas o suficiente para serem descarregadas em hidrovias da região, como os rios ou os oceanos. Uma estação de tratamento de efluentes-padrão consiste de um sistema de coleta, vários processos de remoção de poluentes sólidos e orgânicos dos efluentes e diversos processos de gestão e de tratamento do lodo. Além desses processos, estes sistemas também podem incluir a interceptação do esgoto, emissários de esgoto, sistemas de coleta de esgoto, bombeamento e outros equipamentos (US EPA, 1998).

5.9.5.2 Principais fatores determinantes das liberações de mercúrio e das saídas de mercúrio

Tabela 5-208 Principais liberações e meios receptores no sistema/tratamento de efluentes

Fase do ciclo de vida	Ar	Água	Solo	Produtos	Resíduos em geral	Tratamento/destinação específica do setor
Sistema/tratamento de efluentes		X	X		x	x

Notas: X – Provável via de liberação predominante para a subcategoria.
x – Possíveis outras vias de liberação, dependendo da fonte específica e da situação nacional.

1278. Algumas indústrias maiores possuem instalações próprias de tratamento de efluentes. Em determinados casos, os sistemas industriais e municipais de tratamento de efluentes de alguns países podem realizar a descarga direta de efluentes não tratados. Sistemas de tubulação que recebem efluentes, águas pluviais das estradas e outras águas de escoamento superficial são mais suscetíveis a incidentes de liberação direta, devido a chuvas intensas (uma vez que os efluentes desviam dos sistemas de tratamento por causa dos grandes volumes) (CAGI, 2002).

1279. Em sistemas de tratamento de lodo ativado, ou em outros sistemas com alta retenção de material particulado, uma parte considerável do mercúrio nos efluentes prosseguirá com o lodo (aproximadamente 50% na Dinamarca), o que significa que as concentrações de mercúrio nas saídas de água serão menores do que as concentrações de entrada. Alguns países preferem utilizar o lodo em terras cultiváveis como fertilizante e podem fixar valores-limite referentes à concentração de mercúrio permitida. Outras partes do lodo (especialmente aquelas com concentrações de poluentes acima dos limites) são depositadas em aterros ou incineradas (ver Seção 5.8.4). Algumas estações de tratamento de efluentes possuem usinas próprias de incineração de lodo. Caso contrário, a incineração ocorre nas usinas de incineração municipais.

1280. Liberações de mercúrio nos efluentes são geralmente subestimadas. Uma avaliação regional do Mar Báltico indicou que apenas uma pequena parte das entradas de mercúrio nesse ambiente marinho era proveniente da deposição atmosférica (CAGI, 2002).

5.9.5.3 Discussão sobre as entradas de mercúrio

Tabela 5-209 Visão geral dos dados de taxa de atividade e dos tipos de fatores de entrada de mercúrio necessários para calcular as liberações oriundas do sistema/tratamento de efluentes

Dados de taxa de atividade necessários	Fator de entrada de mercúrio
Quantidade de efluentes tratados ou transportados	Concentrações médias de mercúrio nos efluentes de entrada

1281. A elaboração de inventários abrangentes de liberação de mercúrio (baseados neste Toolkit, por exemplo) pode dar margem a uma nova abordagem para realizar uma verificação cruzada da quantificação de entradas de mercúrio no sistema de tratamento de efluentes. Ver, por exemplo, Skårup et al. (2003).

Tabela 5-210 Médias e percentis de concentrações de mercúrio nas entradas e saídas das estações de tratamento de efluentes na Dinamarca em 2001 (Danish EPA, 2002, conforme citado por Skårup et al., 2003)

Entrada na estação de tratamento de efluentes (µg Hg/l)			Saída da estação de tratamento de efluentes (µg Hg/l)		
Média	5º percentil	95º percentil	Média	5º percentil	95º percentil
0,5	0,1	1,6	0,17	0,02	0,39

1282. A Tabela 5-210 mostra as concentrações de mercúrio nas entradas e nas saídas das estações municipais de tratamento de efluentes. Na Dinamarca, houve uma redução significativa na maior parte das fontes de liberação de mercúrio até 2001. Em 1993, as concentrações médias de entrada em algumas estações grandes de tratamento de efluentes estavam entre 1,1 - 3,4 µg mercúrio/l (MAAG et al., 1996). Combinando os números da Tabela 5-210 com dados abrangentes sobre as concentrações de mercúrio no lodo municipal, é possível calcular que aproximadamente 50-70% do mercúrio captado nas estações municipais de tratamento de efluentes da Dinamarca em 2001 era retido no lodo (SKÅRUP et al., 2003). As estações de tratamento de efluentes dinamarquesas são projetadas para permitir longos tempos de retenção e para produzir e reter o lodo ativado de maneira eficiente (devido ao abatimento de outros poluentes). Dessa forma, a retenção do mercúrio no lodo na Dinamarca deveria ser considerada uma solução de ponta na perspectiva global.

5.9.5.4 Exemplos de mercúrio nas liberações e nos resíduos

Mercúrio na água descarregada das estações de tratamento de efluentes

1283. Ver dados da Dinamarca, anteriormente listados na Tabela 5-210..

Mercúrio no lodo de estações de tratamento de efluentes

1284. Os dados mais recentes sobre o conteúdo de mercúrio no lodo de estações de tratamento de efluentes nos Estados Unidos, obtidos da Pesquisa Nacional sobre Lodo de Estações de Tratamento de Efluentes de 1988, mostraram uma concentração média de mercúrio de 5,2 ppm (partes por milhão por peso = g de mercúrio/tonelada). Dados anteriores da década de 1970 indicaram que as concentrações de mercúrio no lodo de estações municipais de tratamento de efluentes variavam entre 0,1-89 ppm, com uma média de 7 ppm e uma mediana de 4 ppm. Outros dados históricos coletados pela US EPA de 42 estações municipais de tratamento de efluentes no início da década de 1970 mostraram uma variação entre 0,6-43 ppm, com uma média de 4,9 ppm baseada em material sólido seco (US EPA, 1997a).

1285. Na Dinamarca, em 1999, a concentração média de mercúrio nas amostras de lodo, representando aproximadamente 95% da produção total de lodo das estações de tratamento de efluentes dinamarquesas, era de 1,2 g de mercúrio/tonelada de lodo seco (matéria seca). Desse total, cerca de 41% foram aplicados em terras cultiváveis ou áreas florestais, 28% do material foi incinerado e o restante (cerca de 31%) foi enviado para aterros, armazenado ou tratado (SKÅRUP et al., 2003, baseado em Danish EPA, 2001).

1286. Na Finlândia, a concentração média de mercúrio no lodo de estações de tratamento de efluentes é de 0,5 g Hg/tonelada (matéria seca), onde 94% do lodo foi distribuído na terra e usado no solo em parques, jardins e terras cultiváveis; os outros 6% foram aterrados (FINNISH ENVIRONMENT INSTITUTE, 2004).

1287. Lassen et al. (2004) apresentam exemplos de registros de concentrações de mercúrio no lodo das estações municipais de tratamento de efluentes na Rússia. Em algumas grandes cidades (Moscou, São Petersburgo), as concentrações são de cerca de 1-2 g de mercúrio/tonelada (matéria seca). Em cidades menores, as concentrações variam mais; a maioria dos resultados está na faixa entre 0,1-1 g de mercúrio/tonelada (matéria seca), mas 4 dentre 14 cidades de menor porte apresentaram resultados que variam de 2,4-10 g de mercúrio/tonelada (matéria seca). Apenas uma fração do lodo produzido na Rússia é utilizado como fertilizante (provavelmente menos de 15%). Depois do processo de desidratação e de sedimentação, a maioria do lodo é aterrado ou despejado em pedreiras (LASSEN et al., 2004).

5.9.5.5 Fatores de entrada e fatores de distribuição de saída

a) Fatores-padrão de entrada de mercúrio

1288. Atualmente, não há dados suficientes para estabelecer os fatores-padrão, que refletem as condições reais das estações de tratamento de efluentes. Ainda assim, é possível que muitos países possuam dados específicos relevantes em nível local ou nacional. Apesar disso, estimativas pré-definidas de entrada foram desenvolvidas com base em dados disponíveis sobre as concentrações de mercúrio no lodo e sobre a eficiência de retenção de mercúrio com o objetivo de permitir o desenvolvimento de estimativas de liberação aproximadas a partir dessa fonte. Caso não existam dados específicos da fonte, esses valores padrão poderão ser usados.

1289. Vale ressaltar que os fatores-padrão sugeridos neste Toolkit são baseados em um banco de dados limitado. Dessa forma, devem ser submetidos a revisões à medida que o banco de dados se desenvolve. Esses fatores-padrão foram instituídos com o objetivo de apresentar uma

primeira impressão para determinar se uma subcategoria é uma fonte relevante de liberações de mercúrio no país. Geralmente, estimativas de liberações precisariam ser significativamente refinadas (após realizar os cálculos com os fatores-padrão) antes de tomar qualquer decisão de grande alcance com base nessas estimativas.

1290. Em virtude da grande variação nas concentrações, é importante calcular e registrar os intervalos de entradas de mercúrio nessa categoria de fonte. Os fatores-padrão mínimos foram estabelecidos para indicar uma estimativa mínima de entradas de mercúrio em determinada categoria de fonte (mas não o mínimo absoluto). Paralelamente, o fator máximo resultará em uma estimativa máxima.

1291. Como mencionado, os níveis de mercúrio nos efluentes são diretamente dependentes do consumo de produtos e materiais com mercúrio no país analisado. O fator de entrada mínimo será relevante em uma situação na qual a atividade econômica é tão reduzida que o consumo de mercúrio nos produtos é baixo e que o uso industrial do mercúrio é insignificante, ou em países em que o uso do mercúrio foi quase totalmente substituído por produtos e processos livres de mercúrio.

1292. Os fatores-padrão de entrada derivam de dados provenientes apenas de países desenvolvidos. Um teste simples baseado nos resultados do Inventário Nível 2 indicará se os fatores-padrão superestimam as liberações de mercúrio no país. Mais detalhes poderão ser obtidos no Anexo 8.5.

Tabela 5-211 Fatores *preliminares* padrão de entrada de mercúrio no sistema/tratamento de efluentes

Material	Fatores-padrão de entrada; µg Hg/l de efluente; mínimo – máximo (intermediário)
Efluentes municipais	0,5- 10 (5,25)

b) Fatores-padrão de distribuição de saída de mercúrio

Tabela 5-212 Fatores preliminares padrão de distribuição de saída de mercúrio no sistema tratamento de efluentes

	Fatores-padrão de distribuição de saída, parcela da entrada de Hg					
Tipo de estação de tratamento de efluentes	Ar	Água	Solo	Produtos	Resíduos em geral	Tratamento/destinação específica do setor *1
Sem tratamento; liberação direta da tubulação		1				
Apenas tratamento mecânico		0,9			0,1	
Tratamento mecânico e biológico (lodo ativado); sem aplicação do lodo no solo		0,5			0,3	0,2
Tratamento mecânico e biológico (lodo ativado); 40% do lodo usado sem aplicação no solo		0,5	0,2		0,15	0,15

Notas: *1 Incineração de lodo. A distribuição entre resíduos em geral e incineração é arbitrária. Utilize estimativas de distribuição existentes, se possível.

c) Ligações com outras estimativas de fontes de mercúrio

1293. No caso das subcategorias de tratamento de resíduos, é importante lembrar que o conteúdo de mercúrio nos resíduos tem origem 1) no mercúrio intencionalmente utilizado nos produtos descartados e nos resíduos dos processos; 2) nas impurezas naturais de mercúrio em materiais e minerais produzidos em grande volume (plástico, papel, etc.); e 3) no mercúrio resultante de poluentes gerados pela ação humana em materiais de grande volume. Dessa forma, as liberações de mercúrio no meio-ambiente e os depósitos de resíduos produzidos a partir dessas subcategorias podem ser considerados uma consequência da presença do mercúrio nos produtos consumidos pela sociedade.

1294. Paralelamente, as estimativas das entradas de mercúrio nas subcategorias de tratamento de resíduos podem ser qualificadas por meio da quantificação das entradas de mercúrio na sociedade com produtos e materiais, conforme descrito nas Seções 5.4-5.6. É importante estar atento à possibilidade de contagem dupla dessas entradas de mercúrio no desenvolvimento do inventário de mercúrio.

1295. O mercúrio no lodo incinerado também pode ser calculado na seção sobre incineração de lodo. Esteja atento à possibilidade de contagem dupla.

5.9.5.6 Dados principais específicos da fonte

1296. Nesse caso, os dados mais importantes específicos para a fonte seriam:

- Medidas de concentração de mercúrio na água nas entradas e saídas das estações de tratamento de efluentes e no lodo produzido;
- Quantidade de efluentes tratados e quantidade de lodo produzido; e
- Estimativas sobre a distribuição do lodo produzido no solo, nos aterros e na incineração.

5.10 CREMATÓRIOS E CEMITÉRIOS

Tabela 5-213 Crematórios e cemitérios: subcategorias com vias primárias de liberação de mercúrio e abordagem de inventário recomendada

Capítulo	Subcategoria	Ar	Água	Solo	Produto	Resíduo	Principal abordagem de inventário
5.10.1	Crematórios	X				x	AG
5.10.2	Cemitérios			X			AG

Notas: FP = abordagem de fonte pontual AG = abordagem geral/nacional
X – Via de liberação que se espera seja predominante na subcategoria
x – Outras vias de liberação a serem consideradas em função da situação nacional e da fonte específica.

5.10.1 CREMATÓRIOS

5.10.1.1 Descrição da subcategoria

1297. A cremação, ou incineração de restos mortais, é uma prática comum em muitas sociedades. Há liberações de mercúrio durante as cremações. A maior parte do mercúrio liberado é proveniente do amálgama odontológico das restaurações. Ainda assim, pequenas quantidades de mercúrio contidas nos tecidos também são liberadas durante a cremação.

1298. A maioria das fornalhas dos crematórios utiliza óleo ou gás natural. Algumas usam eletricidade. Os crematórios geralmente estão localizados nas cidades e perto de áreas residenciais e, normalmente, as chaminés são relativamente baixas (UNEP, 2003). Alguns crematórios são

equipados com filtros de poeira ou filtros específicos para mercúrio para reduzir as liberações de mercúrio e de outros poluentes.

1299. Muitas cremações são realizadas no mundo inteiro a cada ano. Nos EUA, por exemplo, em 1995, aproximadamente 488.224 cremações foram realizadas em 1.155 crematórios.

5.10.1.2 Principais fatores determinantes das liberações de mercúrio e das saídas de mercúrio

Tabela 5-214 Principais liberações e meios receptores nos crematórios

Fase do ciclo de vida	Ar	Água	Solo	Produtos	Resíduos em geral	Tratamento/destinação específica do setor
Crematório	X					x

Notas: X - Provável via de liberação predominante para a subcategoria
x - Possíveis outras vias de liberação, dependendo da fonte específica e da situação nacional

1300. O principal "meio receptor" do mercúrio liberado pela cremação é o ar (NJ MTF, 2002). Tendo em vista que as cremações exigem altas temperaturas e que a maioria dos crematórios possui controles de emissões limitados para reduzir as liberações de mercúrio, calcula-se que a maioria do mercúrio em um corpo cremado é liberado no ar pela chaminé. No entanto, em alguns crematórios que utilizam controles de emissões eficientes, uma grande parte do mercúrio pode ser liberada nas cinzas volantes e em outros resíduos. Além disso, um pequeno percentual de mercúrio pode ficar acumulado no material de construção do crematório e um percentual ínfimo pode ser encontrado nas cinzas (baseado no estudo do Dr. T. Thomassen, conforme citado por Reindl, 2003).

5.10.1.3 Discussão sobre as entradas de mercúrio

Tabela 5-215 Visão geral dos dados de taxa de atividade e dos tipos de fatores de entrada de mercúrio necessários para calcular as liberações oriundas dos crematórios

Dados de taxa de atividade necessários	Fator de entra da de mercúrio
Número de corpos cremados	Quantidade média de mercúrio em cada corpo

1301. A quantidade de mercúrio em cada corpo é muito variável e depende do número de restaurações com amálgama odontológico e também do tamanho das restaurações. Na Dinamarca, uma restauração normal (conforme encontrada na boca) contém de 0,2-0,6 g de mercúrio; em média 0,4 g de mercúrio por restauração. Estima-se que o conteúdo médio de mercúrio nas restaurações encontradas em corpos na Dinamarca em 2001 era de 4,1 g de mercúrio por corpo (SKÅRUP et al., 2003). O conteúdo total de mercúrio de 41.000 corpos cremados em 2001 foi de 170 kg e estima-se que aproximadamente 100% dessa quantidade tenha sido liberada na atmosfera, uma vez que os crematórios não estão equipados com dispositivos de controle de emissões.

1302. Em Nova Jersey (EUA), segundo as informações do NJ MTF (2002), cada corpo contém entre 0,8 e 5,6 gramas de mercúrio, com uma média de 2,9 g por corpo devido à presença de restaurações. A quantidade adicional de mercúrio em cada corpo devido à presença de mercúrio em outros tecidos (sangue, cabelos, etc.), resultante do consumo de peixe e de outros tipos de exposição, é de 1 x 10-5 - 0,1 g de mercúrio (REINDL, 2003).

1303. Nos Países Baixos, pesquisas indicam que diferenças no número de restaurações em pessoas de diferentes grupos etários resultarão em um aumento de 3,2 para 5,1 no período entre 1995-

2020 (OSPAR, 2002). Isso significa que as emissões das cremações nos Países Baixos duplicarão entre 2002 e 2020, a menos que medidas de mitigação sejam introduzidas.

1304. Uma revisão do mercúrio emitido de cremações no Reino Unido demonstra que as restaurações de amálgama contêm em média 0,6 g de mercúrio, mas estimativas alternativas mencionadas no estudo variam de 0,36-1 g de mercúrio por restauração (PASSANT, 2004). O autor calcula que as emissões de mercúrio das cremações aumentaram constantemente de 0,49 g/cremação em 1968 para 1,92 g/cremação em 2003 devido ao aumento no número de restaurações de amálgama e à redução no número de pessoas desdentadas (PASSANT, 2004). Em 1969, 73% dos cadáveres não tinham dentes. Esse número foi reduzido para 44% em 2003. A tendência de aumento na quantidade de mercúrio por cremação deve continuar e estima-se que o total de emissões dos crematórios no Reino Unido (a menos que controles melhores sejam implementados) aumentará de 0,78 toneladas em 1999 para 1,3 toneladas em 2020 (DEFRA, 2004).

5.10.1.4 Exemplos de mercúrio nas liberações e nos resíduos

1305. O total de emissões de mercúrio oriundas de todas as cremações nos EUA em 1995 (cerca de 488.224 cremações) foi de 0,73 toneladas (US EPA, 1997a). Ainda assim, essas estimativas foram baseadas em um conjunto de dados (registrados na US EPA, 1997a) obtidos de testes conduzidos em um incinerador movido a propano em um crematório da Califórnia (pelo California Air Resources Board). Os resultados dos testes de emissões de mercúrio de crematórios sem dispositivos de controle de emissões variaram entre 0,626-2,26 g de mercúrio/corpo cremado. O fator médio de emissão de mercúrio foi de 1,5 g/corpo cremado (US EPA, 1997a).

1306. De acordo com o levantamento da OSPAR de emissões de mercúrio de crematórios em países europeus, as emissões registradas por cremação variavam de 0,1 g (na Bélgica) a 2,3 g por cremação (na França), ver Tabela 5-216. Vale ressaltar que os números da Dinamarca e do Reino Unido, citados na seção anterior, mostram resultados bem diferentes.

Tabela 5-216 Emissões de mercúrio de crematórios em alguns países europeus (baseado na OSPAR, 2002)

País	Estimativa de emissões de Hg por ano (quilos)	Número de crematórios	Número de cremações	Média de emissões por cremação (g)
Noruega	70	42		
Suécia	122	71	65.002	1,9
Alemanha	42-168	130	333.800	0,1-0,5
Países Baixos	80			
Bélgica	3,7		35.793	0,1
Islândia		1		
Irlanda		2		
Suíça	45	26	40.000	1,1
França	200	80	87.000	2,3
Portugal		4	2.311	

1307. Em uma revisão apresentada por Hylander e Meili (2005), estima-se que as emissões de mercúrio no ar provenientes de cremações equivalem a 0,28 toneladas por ano na Suécia (MUNTHE et al., 2001), ou 0,03 g per capita por ano de uma população de 8,5 milhões, com 40-100 toneladas de mercúrio acumulado em restaurações e uma taxa de cremação de cerca de 65% (MUNTHE et al., 2001; REIN e HYLANDER, 2000; SCB, 2002; todos citados por Hylander e Meili, 2005).

5.10.1.5 Fatores de entrada e fatores de distribuição de saída

1308. Com base nas informações compiladas acima sobre entradas e saídas e sobre os principais fatores determinantes das liberações, os seguintes fatores preliminares padrão de entrada e de distribuição foram sugeridos nos casos em que dados específicos da fonte não estão disponíveis. Vale ressaltar que os fatores-padrão sugeridos neste Toolkit são baseados em um banco de dados limitado. Dessa forma, devem ser submetidos a revisões à medida que o banco de dados se desenvolve.

1309. Esses fatores-padrão foram instituídos com o objetivo de apresentar uma primeira impressão para determinar se uma subcategoria é uma fonte relevante de liberações de mercúrio no país. Geralmente, estimativas de liberações precisariam ser significativamente refinadas (após realizar os cálculos com os fatores-padrão) antes de tomar qualquer decisão de grande alcance com base nessas estimativas.

a) Fatores-padrão de entrada de mercúrio

1310. Dados nacionais sobre gramas de restaurações de amálgama por corpo cremado por ano produzirão as melhores estimativas de liberações.

1311. Caso não existam dados disponíveis sobre o número de restaurações de amálgama preparadas por ano, uma primeira estimativa poderá ser formada a partir dos fatores-padrão de entrada selecionados na Tabela 5-217 a seguir (baseados nos conjuntos de dados apresentados nesta seção). Em virtude da grande variação nas concentrações, é importante calcular e registrar os intervalos de entradas de mercúrio nessa categoria de fonte. Os fatores-padrão mínimos foram estabelecidos para indicar uma estimativa mínima de entradas de mercúrio em determinada categoria de fonte (mas não o mínimo absoluto). Paralelamente, o fator máximo resultará em uma estimativa máxima (mas não no máximo absoluto).

Tabela 5-217 Fatores preliminares padrão de entrada de mercúrio nas cremações

	Fatores-padrão de entrada; g de mercúrio por corpo; (mínimo – máximo)
Cremação	1-4

b) Fatores-padrão de distribuição de saída de mercúrio

Tabela 5-218 Fatores preliminares padrão de distribuição de saída de mercúrio nas cremações

Fase do ciclo de vida	Fatores-padrão de distribuição de saída, parcela da entrada de Hg					
	Ar	Água	Solo	Produtos	Resíduos em geral	Tratamento/destinação específica do setor
Cremação	1					

c) Ligações com outras estimativas de fontes de mercúrio

1312. As liberações de mercúrio das cremações estão estreitamente ligadas à utilização de amálgama odontológico e a cremação é uma das vias de saída desse amálgama, ver Seção 5.6.1.

5.10.1.6 Dados principais específicos da fonte

1313. Nesse caso, os dados mais importantes específicos da fonte seriam alguns (ou todos) os seguintes:

- Dados sobre quantidade média de mercúrio por corpo;
- Dados sobre o número médio de restaurações de amálgama no grupo populacional passível de cremação na fonte;

- Quantidade média de mercúrio por restauração;
- Número de corpos cremados; e
- Dados medidos sobre o equipamento de redução de emissões aplicado na fonte (ou fontes semelhantes com equipamento parecido e condições operacionais similares).

1314. Ver recomendações sobre coleta de dados na Seção 4.4.5.

5.10.2 CEMITÉRIOS

5.10.2.1 Descrição da subcategoria

1315. Um cemitério é uma área onde cadáveres humanos são enterrados.

1316. O mercúrio presente no corpo humano, principalmente em restaurações de amálgama dental, será liberado para o solo no cemitério.

5.10.2.2 Principais fatores determinantes das liberações de mercúrio e saídas de mercúrio

Tabela 5-219 Principais liberações e meios receptores dos cemitérios

Fase do ciclo de vida	Ar	Água	Terra	Resíduos em Geral	Tratamento/Destinação específica do setor
Enterro			X		

Notas: X – Via de liberação que se espera que seja predominante na subcategoria
x – vias de liberação adicionais a ser consideradas, dependendo da fonte específica e da situação nacional

5.10.2.3 Discussão das entradas de mercúrio

Tabela 5-220 Visão geral dos dados da taxa de atividade e tipos de fator de entrada de mercúrio necessários para estimar as emissões de cemitérios

Dados necessários sobre a taxa de atividade	Fator de entrada de mercúrio
Número de cadáveres enterrados	Quantidade média de mercúrio em cada cadáver

1317. Para dados sobre as quantidades de mercúrio por cadáver, ver a seção 5.10.1.3 acima, sobre cremação.

5.10.2.4 Fatores de entrada e fatores de distribuição de saída

1316. Com base nas informações compiladas acima sobre as entradas e saídas e os principais fatores determinantes das liberações, os seguintes fatores-padrão preliminares de entrada e de distribuição são sugeridos para uso em casos onde não há dados específicos disponíveis sobre a fonte. Ressalta-se que os fatores-padrão sugeridos neste conjunto de ferramentas vêm de uma base de dados limitada e, portanto, devem ser objeto de revisão à medida que a base de dados aumentar.

1317. O objetivo principal do uso desses fatores-padrão é proporcionar um entendimento inicial e avaliar se a subcategoria é uma fonte significativa de liberação de mercúrio no país. Normalmente, as estimativas de liberação precisariam ser mais elaboradas (após o cálculo com fatores-padrão) antes de ser tomada qualquer de ação mais ampla com base nas estimativas de liberação.

a) Fatores-padrão de entrada de mercúrio

1318. Dados nacionais sobre gramas de mercúrio (em restaurações de amálgama) por cadáver enterrado possibilitarão as melhores estimativas de liberações.

1319. Se não houver informações disponíveis sobre o número de restaurações de amálgama preparados anualmente, pode ser feita uma primeira estimativa usando os fatores-padrão de entrada selecionados na Tabela 5-221, abaixo (com base nos conjuntos de dados apresentados na seção sobre cremação). Visto que as concentrações variam bastante, recomenda-se calcular e reportar os intervalos das entradas de mercúrio nesta categoria de fonte. Os fatores-padrão baixos foram definidos para indicar uma estimativa baixa de entrada de mercúrio para a categoria de fonte (mas não o mínimo absoluto) e o fator alto resultará em uma estimativa alta (mas não o máximo absoluto).

Tabela 5-221 Fatores-padrão de entrada preliminares para as entradas de mercúrio nos cemitérios

	Fatores-padrão de entrada; g de mercúrio por cadáver; (Baixo -alto)
Enterro	1-4

b) Fatores-padrão de distribuição de saída de mercúrio

Tabela 5-222 Fatores-padrão preliminares de distribuição de saída de mercúrio para cemitérios

Fase do ciclo de vida	Fatores-padrão de distribuição de saída, parcela de entrada de Hg					
	Ar	Água	Terra	Produtos	Resíduos em geral	Tratamento/destinação específica do setor
Enterro			1			

c) Links para outra estimativa de fontes de mercúrio

1320. As liberações de mercúrio da cremação estão intimamente ligados ao uso de amálgamas dentárias; a cremação é uma das vias de saída do uso de amálgama. Consulte a seção 5.6.1.

5.10.2.5 Dados principais específicos à fonte

1321. Os dados mais importantes específicos à fonte, neste caso, seriam alguns ou todos os seguintes:

- Dados sobre a quantidade média de mercúrio por cadáver;
- Dados sobre a expectativa do número médio de restaurações com amálgama de mercúrio na subpopulação humana a ser cremada na fonte;
- Quantidade média de mercúrio por restauração; e
- Número de corpos humanos enterrados.

1322. Veja também os conselhos sobre coleta de dados na Seção 4.4.5.

5.11 Identificação de focos potenciais (áreas contaminadas)

1323. Conforme descrito na Seção 4.3.11, focos de contaminação por mercúrio existem por resultado direto de práticas de destinação descritas nas seções 5.9.3 e 5.9.4 ou da destinação inadequada de materiais contaminados por mercúrio. As liberações destes locais podem já estar ocorrendo ou pode haver a previsão de que ocorram se não forem tomadas medidas corretivas. A Tabela

5-218 abaixo apresenta uma lista indicativa de potenciais locais onde podem ser encontrados focos de mercúrio. Deve ser realizada uma avaliação específica de cada local de foco para determinar seu status atual: ameaça imediata ou potencial de liberações no futuro. Nos dois casos, o local deve ser registrado em seu relatório de inventário, conforme descrito no modelo de relatório do Inventário Nível 2.

1324. As principais vias de liberação de mercúrio e a abordagem de inventário recomendada para cada um dos potenciais focos são apresentadas na tabela abaixo.

Tabela 5-223 Focos potenciais: subcategorias com as vias principais de emissões de mercúrio e a abordagem de inventário recomendada

Capítulo	Subcategoria	Ar	Água	Terra	Produto	Resíduos/lixo	Principal abordagem de inventário
	Locais fechados / abandonados de produção de cloro-álcali	x	X	X		X	FP
	Outros locais de prévia produção química de compostos de mercúrio (pesticidas, biocidas, pigmentos etc.), ou onde mercúrio ou compostos foram utilizados como catalisadores (MVC / PVC etc.)	x	X	X	x	X	FP
	Locais fechados que, antes, fabricavam termômetros, interruptores, pilhas e baterias e outros produtos	x	X	X	X	x	FP
	Unidades fechadas de produção de papel e polpa de celulose (com produção interna de cloro-álcali ou uso anterior de microbicidas à base de mercúrio)	x	X	X		X	FP
	Depósitos de rejeitos / resíduos da mineração de mercúrio	x	X	X	X	X	FP
	Depósitos de rejeitos / resíduos da mineração de ouro artesanal ou em larga escala	x	X	X		X	FP
	Depósitos de rejeitos / resíduos de outras atividades de extração de metais não ferrosos	x	X	X	X	X	FP
	Locais de acidentes relevantes	x	X	X		X	FP
	Dragagem de sedimentos	x	X	X		X	FP
	Locais de descarte de controles de aquecimento urbano (e outros controles de fluidos) que usam válvulas de pressão de mercúrio		X	X			FP
	Sites de reciclagem anterior de mercúrio (produção "secundária" de mercúrio)	x	X	X	X	X	FP

Notas: FP = abordagem fonte pontual

AG = abordagem de geral/nacional

X - Via de liberação que se espera seja predominante na subcategoria

x - Outras vias de liberação a serem consideradas em função da situação nacional e da fonte específica

6 Referências

ACAP (2005): Arctic Council Action Plan to Eliminate Pollution of the Arctic (ACAP) - Reduction of Atmospheric Mercury Releases from Arctic States, prepared for the Arctic Council by the Danish Environmental Protection Agency, 2005.

ACHTENBOSCH, M. and Richers, U. (2002): Material flows and investment costs of flue gas cleaning systems of municipal solid waste incinerators. Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse, Forschungszentrum Karlsruhe, Germany. Available at: http://www.itas.fzk.de/deu/Itaslit/acri00a.pdf .

ADEBAJO, S.B. (2002): An epidemiological survey of the use of cosmetic skin lightening cosmetics among traders in Lagos, Nigeria. West African Journal of Medicine 21, pp. 51-55.

ADRIANO, D.C. (2001): Trace Elements in the Terrestrial Environment, Springer-Verlag, New York, NY, USA, 2001.

AGHTM (2000): Mercury waste in France. AGHTM - General Association of Municipal Hygienists and technicians - Work-ing Group Report. AGHTM, Paris. Available at: http://www.apesa.asso.fr/mercure_AGHTM_english.pdf.

AGOS, M., Etzel, R., Parrish, R., Paschal, D., Campagna, P., Cohen, D., Kilbourne, E. and Heese, J. (1990): Mercury exposure from interior latex paint, New England Journal of Medicine, 323, 1096-1101.

AIREY, D. (1982): Contributions from Coal and Industrial Materials to Mercury in Air, Rainwater and Snow, *Sci. total. Envir*. 25, 1982, pp. 19-40.

ALCOA (2009): Alcoa-Developed Technology Reduces Mercury Emissions. Alcoa Corporate Center, Pittsburgh, PA. http://www.alcoa.com/global/en/about_alcoa/sustainability/case_studies/2005/case_usa_secures.asp

ALCOCK, F. J. (1930): Zinc and lead deposits of Canada. Can. Geol. Surv. *Economic Geology* Series, nº. 8, 406 p.

ALPHEN, M. van (1998): Paint film components. National Environmental Health Forum Monographs. General Series No. 2. National Environmental Health Forum, South Australia. Available at: http://enhealth.nphp.gov.au/council/pubs/pdf/paint.pdf

AMAGERFORBRÆNDING (2000): Miljøredegørelse 2000. [Environmental statement 2000]. I/S Amagerforbrændingen, Copenhagen. (In Danish)

Anderson, D. (1973): Emission Factors for Trace Substances. EPA-450/2-72-001. U. S. Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, NC. EPA-450/3-84-004. Emission Standards and Engineering Division, Research Triangle Park, NC.

ANSCOMB F. (2004): Personal communication. US EPA, August 2003 and March 2004.

ARENHOLT-BINDSLEV D. and Larsen A.H. (1996): Mercury levels and discharge in waste water from dental clinics. Water, air and Soil Pollution. 86, pp.93-99, 1996. As cited by Skårup et al., 2003).

ARIAS, D., Boixereu, E., Zapardiel, J. M., Bernabé, M. and Sánchez, A. (1992): Estudio geoquímico de la esfalerita del yaci-miento de Pd-Zn de Rubiales (Lugo, España). Implicaciones genéticas: Rev. Soc. Geol. España, v.5, pp. 135-144.

ARMBRUST, G. A. and Gannicott, R. A. (1980): Rb/Ar ratios as a source indicator for hydrothermal fluids at the Seneca vol-canogenic massive sulphide deposit, British Columbia. *Economic Geology*, v. 75, pp. 466-470.

ATSDR (2003): Health Consultation. Mercury Exposures from 3M Tartan Brand Floors. Ohio Department of Health, Health Assessment Section. Under a Cooperative Agreement with the Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR).

ATSDR (2006): Mercury-containing polyurethane floors in Minnesota schools. Mercury vapor release/athletic polymer floors. Minnesota Department of Health, Environmental Health Division, September 2006.

_____(2008): Health Consultation. Bethel University. Emissions from a Mercury-containing Gymnasium Floor: Mitigating exposures from mercury-containing polymer floors. U.S. Department of Health and Human Services. Agency for Toxic Sub-stances and Disease Registry, Division of Health Assessment and Consultation.

BARR (2001): Substance Flow Analysis of Mercury in Products. Prepared for Minnesota Pollution Control Agency. August 15, 2001. Barr Engineering, Minneapolis, MN.

_____, L. (2004): International Mercury Market Study and the Role and Impact of US Environmental Policy. EPA Office of Solid Waste, November, 2004.

BEAUDOIN, G. and Sangster, D. F. (1992): A descriptive model for silver-lead-zinc veins in clastic metasedimentary terranes. *Economic Geology*, v.87, p. 1005-1021.

BEAULIEU, H. J., Beaulieu, S. and Brown, C. (2008): Phenyl mercuric acetate (PMA). Mercury-bearing flexible gymnasium floors in schools — evaluation of hazards and controlled abatement. Journal of Occupational and Environmental Hygiene 5, pp. 360–366.

BECKERT, J., Einbrodt, H-J. and Fisher, M. (1990): Comparison of natural gypsum and FGD gyp-sum. Forschungsprojekt 88, VGB PowerTech e.V., Germany.

BENNER, B. R. (2001): Mercury removal from induration off gas by wet scrubbers. Coleraine Minerals Research Laboratory Draft Report. (quoted in Berndt, 2003)

BERNDT, M.E. (2003): Mercury and Mining in Minnesota. Minerals Coordinating Committee. Final Report. Minnesota Depart-ment of Natural Resources, St. Paul, Minnesota. Available at: http://files.dnr.state.mn.us/lands_minerals/mercuryandmining.pdf .

BISCHOFF, J. L., Rosenbauer, R. J., Aruscavage, P. J., Baedecker, P. A. and Crock, J. C. (1983): Sea-floor massive sulphide deposits from 21° N, East Pacific Rise; Juan de Fuca Ridge; and Galapagos Rift: Bulk chemical composition and economic implications. Economic Geology, v.78, p. 1711-1720.

BJØRNSTAD. S.L. (1992): Assessment of possibilities for reducing the use of mercury - summary of experiences from the Nordic countries. Nordiske Seminar- og Arbejdsrapporter 1992:598. Nordic Council of Ministers, Copenhagen.

BLOOM, N. S. (2000): Analysis and Stability of Mercury Speciation in Petroleum Hydrocarbons, Fresenius' J. Anal. Chem., 366(5):438. 65.

BOOZ ALLEN & Hamilton (2001): Draft mercury mass balance and emissions factor estimates for gold ore processing facilities. Booz Allen & Hamilton Ltd. for U.S. Environmental Protection Agency, January 14, 2001

_____ (2002): Multi-state inventory of gold ore processing facilities. Booz Allen & Hamilton Ltd. for U.S. Environmental Protection Agency. February 28, 2002

BOULEY, B. A. and Hodder, R. W. (1984): Strata-bound massive sulphide deposits in Silurian-Devonian volcanic rocks at Harborside, Maine. *Economic Geology*, v. 79, pp. 1693-1702.

BOWEN, H.J.M. (1979): Environmental Chemistry of the Elements, Academic Press, London, UK, 1979.

BRAGG, L.J., Oman, J.K., Tewalt, S.J., Oman, C.L., Rega, N.H., Washington, P.M. and Finkelmann, R.B. (1998): The US Geo-logical Survey Coal Quality (COALQUAL) Database - version 2.0. US Geological

Survey Open-file report 97-134 (can be downloaded from http://energy.er.usgs.gov/products/openfile/OFR97-134/). As cited by USGS in fact sheet "Mercury in U.S. coal - abundance distribution and modes of occurrence", found October 2002 on http://pubs.usgs.gov/fs/fs095-01/fs095-01.pdf

BRESKOVSKA, V. and Tarkian, M. (1993): Mineralogy and fluid inclusion study of polymetallic veins in the Madjarovo ore field, eastern Rhodope, Bulgaria. *Mineral. Petrol*, v.49, pp. 103-118.

BROOK HUNt (2005): Global Copper Concentrate and Blister/Anode Markets to 2015, December 2005 ed.; Brook Hunt and Associates: London, U.K.,, 2005. As cited by Hylander and Herbert (2008).

_____ (2006a): Global Lead Concentrate Market to 2016, May 2006 ed.; Brook Hunt and Associates: London, U.K., 2006. As cited by Hylander and Herbert (2008).

_____ (2006b): Global Zinc Concentrate Market to 2016, July 2006 ed.; Brook Hunt and Associates: London, U.K., 2006. As cited by Hylander and Herbert (2008).

BROOKS, G. (1989): Estimating Air Toxic Emissions from Coal and Oil Combustion Sources. EPA-450/2-89-001. Prepared by Radian Corporation for U. S. Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, NC. April 1989.

BUGGE, J. A. W. (1978): Norway, in Bowie, S. H. U., Kvalheim, A., and Haslam, H. W., eds., Mineral deposits of Europe, vol. 1, Northwest Europe. London, Inst. Min. Metallurg., pp. 199-249.

BUWAL (1997): Waste Disposal in Cement Plants, Environment-Materials Nr. 70, Bundesamt für Umwelt, Wald und Land-schaft (BUWAL), 3003 Bern, Switzerland, 1997.

CAO, J. R. (1992): Microwave Digestion of Crude Oils and Oil Products for the Determination of Trace Metals and Sulphur by Inductively-Coupled Plasma Atomic Emission Spectroscopy, Environment Canada Manuscript Report Number EE-140, Otta-wa, Ontario, Canada.

CARNELL, P.J.H, Huang, R. and Row, V.A. (2009): Reduction in mercury emissions from fossil fuels. Presentation at Mercury 2009 conference, Guiyang June 7-12, 2009.

_____ , P.J.H. and Openshaw, P.J. (2004): Mercury distribution on mercury processing plants. Gas Processors Association. 83rd Annual GPA Convention Proceedings CD (2004).

CARPI, A. and Chen, Y.F. (2001): Gaseous Elemental Mercury as an Indoor Pollutant. Environ. Sci. Technol. Vol 35:4170-4173.

CAVANAGH, J. and Glover, M. (1991): Mines and miners in Peru. Lima, Peru Reporting Servicios Editoriales S.R.L., 371 p.

CEMBUREAU (1999): Best available techniques for the cement industry. European Cement Association, Brussels. Available at: http://www.cembureau.be/Documents/Publications/CEMBUREAU_BAT_Reference_Document_2000-03.pdf

_____ (2010): Mercury in the cement industry. University of Liege for CEMBUREAU - CSI, April 2010. Sumitted to UNEP. Accessed 2012 at http://www.unep.org/hazardoussubstances/Portals/9/Mercury/A_Inventories/CEMENT%20Industry%20-%20Hg%20report%20CEMBUREAU%20April%202010.pdf

CERNY, I. (1989): Die karbonatgebundenen Blei-Zink-Lagerstätten des alpinen and ausseralpinen Mesozoikums - Die Be-deutung ihrer Geologie, Stratigraphie und Faziesgebundenheit für Prospektion und Bewertung. Vienna, Archiv für Lagerstätten-forschung der Geologischen Bundesanstalt, v.11, pp. 5-125.

CHEMICAL AND ENGINEERING NEWS (2010): "China's venerable vinyl process: replaced in most of the world, the calcium carbide route to PVC gains ground in China." pp. 18-19. January 18, 2010.

CHONGPRASITh, P, Utoomprurkporn, W. and Wilairatanadilok. W. (2009): Mercury Situation in Thailand. 2009. http://www.marinepcd.org/hgtaskforce/document/Mercury%20situation%20in%20Thailand.doc

CHU, P. and Porcella, D. B. (1994): "Mercury Stack Emissions From U. S. Electric Utility Power Plants", Proceedings of the Third International Conference on Mercury as a Global Pollutant, Whistler, British Columbia, Canada, July , pp. 10-14, 1994.

CIM (1957): Structural geology of Canadian ore deposits. Montreal, Canadian Institute of Mining and Metallurgy (CIM), CIM, 524 p.

CAGI (2002): ACAP and Danish EPA Reduction of Atmospheric mercury emissions from Arctic countries – questionnaire on emissions and related topics. November 2002.

CSE (2002): Environmental Rating of Indian Caustic-Chlorine Sector. Centre for Science and Environment (CES), 2002, p.199 .

DANISH EPA (2000): Warning: Sale of mercury soaps is banned. Danish Environmental Protection Agency. Available at. http://www.mst.dk/news/02010000.htm

_____ (2001): Spildevandsslam fra kommunale og private renseanlæg i 1999 (Waste water sludge from municipal and private sewage treatment plants in 1999). Orientering fra Miljøstyrelsen nr, 3, 2001. Danish EPA, Copenhagen (in Danish).

_____ (2002): Punktkilder 2001. Orientering nr. 7, 2002 (Point Sources 2001, Review nº. 7, 2002). Danish EPA, Co-penhagen (in Danish).

DE LA ROSA, D.A., Volke-Sepùlveda, T. and Solórzano, G. (2004): Release of total gaseous mercury from municipal solid waste disposal sites nearby Mexico City. In Mercury as a Global Pullotant, part 1, RMZ - Materials and Geoenvironment - pe-riodical for mining, metallurgy and geology, Ljubliana, Slovenia, 2004.

DEFRA (2004): Mercury emissions from crematoria. Second consultation. Department for Environment, Food and Rural Af-fairs; Welsh Assembly Government; Scottish Executive Environment and Rural Affairs Dept. Available at: http://www.defra.gov.uk/corporate/consult/crematoria-two/consultation.pdf

DEL GUIDICE, P and Yves, P. (2002): The widespread use of skin lightening creams in Senegal: a persistent public health prob-lem in West Africa. The International Journal of Dermatology 41, pp. 69-72.

DE LORAINE, W. F. and Dill, D. B. (1982): Structure, stratigraphic controls, and genesis of the Balmat zinc deposits, northwest Adirondacks, New York. Geol. Assoc. Can. Spec. Pap. 25, p. 571-596.

DI FRANCESCO, D.T. and Shinn, R.C. (2002): Sources of mercury in New Jersey. New Jersey Mercury Task Force Report Vol-ume III. New Jersey Department of Environmental Protection, Trenton. Available at: http://www.state.nj.us/dep/dsr/Vol3-chapter1.pdf

DOUGLAS, R. J. W. ed. (1970): Geology and economic minerals of Canada. Can. Geol. Surv. Economic Geology Report 1, 838 p.

DPHE (2003): Mercury-free Colorado Campaign. Thermostat Recycling Program. Department of Public Health and Environ-ment, Denver. Available at: http://www.cdphe.state.co.us/hm/mercury/therm.asp

DUNMIRE C., Calwell C., Andria J., A., Ton M., Reeder, T., and Fulbright V. (2003): Mercury in Fluorescent Lamps: Environ-mental Consequences and Policy Implications for NRDC. Natural Resources Defense Council (NRDC), New York. Available at: http://www.nwalliance.org/resources/reports/NRDCMercury.pdf

DUO, W., Guthrie, T. and W. Edwards (2000): Mercury Emissions from The Petroleum Refining Sector In Canada, for Envi-ronment Canada, Trans-boundary Air Issues Branch, Hazardous Air Pollutants Program, Ottawa, Canada, EC Contract: K2216-9- 0078.

DVORNIKOV, A. G. (1962): Mercury dispersion aureoles in limestone at the Gruzskaya Ravine polymetallic deposit (Nagol'nyi Range). Geochemistry, 1962, pp. 539-546.

EMEP/ CORINAIR (2001): EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook - 3rd edition, 2001, Technical report No 30. Available at http://reports.eea.eu.int/technical_report_2001_3/en#TOC.

ALSO note EMEP/ CORINAIR (2002): EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook - 3rd edition October 2002 UPDATE, Technical report No 30, EEA - European Environment Agency, Copenhagen, and EMEP (1999): Emission Inventory Guidebook. September 1999.

ENVIRONMENT CANADa (1999): Meeting the Challanges of Continental Pollutant Pathways. Mercury Case Study. February 1999, available at: http://www.eman-rese.ca/eman/reports

_____ (2000): The status of mercury in Canada. Report #2. A Background Report to the Commission for Envi-ronmental Cooperation North American Task Force on Mercury. Environment Canada, Transboundary Air Issues Branch. Available at: http://www.cec.org/files/PDF/POLLUTANTS/Hgcan-e3.pdf.

_____ (2002): Environment Canada, Minerals and Metals Division, National Office of Pollution Prevention: Multi-pollutant emission reduction analysis foundation (MERAF) for the base metal smelter sector. Prepared for Environment Canada and The Canadian Council of Ministers of Environment (CCME), Canada. Available at http://www.ccme.ca/assets/pdf/bms_final_meraf_e.pdf (accessed October 2003).

_____ (2003a): Fact Sheet #21 (Revised) Mercury-Containing Products. Available at: http://www.on.ec.gc.ca/epb/fpd/fsheets/4021-e.html

_____ (2003b): What Is Mercury? Environment Canada, Ontario Region. Available at: http://www.on.ec.gc.ca/pollution/fpd/merc/merc-1000-e.html (13 Nov 2003).

_____ (2004): Personal communication. Air Pollution Prevention Directorate, Environment Canada, June 2004.

EUROCHLOR (1998): Mercury process for making chlorine. August 1998.

EUROPEAN COMMISSION (2001): Integrated pollution prevention and control (IPPC) - Reference document on best available techniques in the non ferrous metals industry. Available at: http://eippcb.jrc.es/pages/Fmembers.htm (accessed October 2003).

_____ (2001b): Integrated pollution prevention and control (IPPC) - Reference document on best available techniques in the chlor-Alkali Manufacturing industry. Available at: http://eippcb.jrc.es/pages/Fmembers.htm (accessed Octo-ber 2005).

_____ (2003): Draft reference document on best available techniques for management of tailings and waste rock in mining operations. Joint Research Centre, Seville, Spain. Available at: http://eippcb.jrc.es/pages/Fmembers.htm (ac-cessed October 2003).

_____ (2005): Communication from the commission to the Council and the European Parliament - Community Strategy Concerning Mercury- {SEC(2005) 101}. Available at: http://europa.eu.int/comm/environment/chemicals/mercury/

EVANS, D. W., DiGiulio, R.T and Ryan, E.A. (1984): "Mercury in Peat and its Drainage Waters in eatern North Carolina". The Water Resources Research Institute. Report No. 218. September 1984.

FENG, X., Li, G. and Qiu, G. (2004): Mercury contamination from artisanal zinc smelting using indigenous methods in Hezhang, Guizhou, PR China. In Mercury as a Global Pullotant, part 1, RMZ - Materials and Geoenvironment - periodical for mining, metallurgy and geology, Ljubliana, Slovenia, 2004.

FILBY, R. H, and Shah, K. R. (1975): Neutron Activation Methods for Trace Metals in Crude Oil, in The Role of Trace Metals in Petroleum, by T. F.Yen, Ann Arbor Science Publishers, Ann Arbor, MI.

FINKELMAN, B. (2003): Personal communication. United States Geological Survey (USGS), USA.

_____, B. (2004): Personal communication. United States Geological Survey (USGS), USA. March 2004.

FINNISH ENVIRONMENT INSTITUTE (1999): Atmospheric emissions of heavy metals in Finland in the 1990's. The Finnish Environ-ment No. 329, Finnish Environment Institute, Helsinki (in Finnish).

_____ (2003): Response to ACAP questionnaire on mercury releases, uses and wastes. Appendix to Maag (2004).

FONTBOTÉ, L. and Gorzawski, H. (1990): Genesis of Mississippi Valley-type Zn-Pb deposit of San Vicente, central Peru: Geo-logic and isotopic (Sr, O, C, S, Ph) evidence. Economic Geology, v.85, pp. 1402-1437.

FRANKLIN ASSOCIATES, Ltd. (1989): Characterization of Products Containing Mercury in Municipal Solid Waste in the United States, 1970 to 2000. EPA-530/SW-89-015A. U. S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C. January 1989.

FRANKLIN, J. M. and Mitchell, R. H. (1977): Lead-zinc-barite veins of the Dorion area, Thunder Bay district, Ontario. Can. Jour. Earth Sci., v.14, p. 1963-1979.

_____, J. M., Lydon, J. W., and Sangster, D. F. (1981): Volcanic-associated massive sulphide deposits. Economic Geology 75th Anniv. Vol., pp. 485-627.

FRIEDLI, H.R., Radke, L.F. and Lu, J.Y. (2001): Mercury in Smoke from Biomass Fires. Geophysical Research Letter, 28: 3223-3226. Available at: http://www.mindfully.org/Air/Mercury-Smoke-Biomass.htm

FRUTH, I. and Maucher, A. (1966): Spurenelemente and Schwefel-Isotope in Zinkblenden der Blei-Zink-Lagerstätte von Gor-no. Mineral. Deposita, v.1, pp. 238-250.

FRYKLUND, V. C., Jr. and Fletcher, J. D. (1956): Geochemistry of sphalerite from the Star mine, Coeur d'Alene district, Idaho. Economic Geology, v.51, pp. 223-247.

FUGLEBERG, S. (1999): Finnish expert report on best available techniques in zinc production. The Finnish Environment series 315, Finnish Environment Institute, Helsinki. Available at http://www.vyh.fi/eng/orginfo/publica/electro/fe315/fe315.htm

FUJINUKI, T. (1979): Trace Components of Carbonate Rocks, Kozan Chishitsu, Japan, 23, pages 295 to 306, 1979.

FUKUZAKI, N., Tamura, R., Hirano, Y. and Mizushima, Y. (1986): Mercury Emission from a Cement Plant and its Influence on the Environment, Atmospheric Environment,v., 20, nº. 12, 1986, pp. 2291-2299.

FURSOV, V. Z. (1958): Halos of dispersed mercury as prospecting guides at the Achisai lead-zinc deposits. Geochemistry (1958), p. 338-344.

_____ , V.Z. (1983): Gas-and-Mercury Method for Mineral Products. Moscow, "Nauka" Publishers, 1983, 205 p. As cited by Lassen et al. (2004).

GALLIGAN, C., Morose, G. and Giordani, J. (2003): An Investigation of Alternatives to Mercury Containing Products. Prepared for The Maine Department of Environmental Protection, January 22, 2003. Available at: http://www.state.me.us/dep/mercury/lcspfinal.pdf

GALLUP, D.L. and Strong J.B. (2006): Removal of Mercury and Arsenic from Produced Water. 13th Annual International Petro-leum Environmental Conference , October 17-20, 2006, San Antonio, Texas.

GLAHDER, C.M., Appel, P.W.U. and Asmund, G. (1999): Mercury in soap in Tanzania. NERI Technical Report nº. 306, 23 p. National Environmental Research Institute, Denmark.

GRIFFITH, C., Gearhart, J., Posset, H., McPherson, A., Gingras, S., Davis, G., Dhinga, R, and Kincaid, L. (2001): Toxics in ve-hicles: Mercury. Ecology Center, Great Lakes United and University of Tennessee Center for Cean Products and Clean tech-nologies, Knoxville. Available at: http://www.cleancarcampaign.org/pdfs/execsumm.pdf

HANSEN, C. L. and Hansen, E. (2003): Collection systems for batteries - existing experiences from

Denmark and abroad. Envi-ronmental project no. 777, 2003, Danish Environmental Protection Agency (in Danish with summary in English). Available at www.mst.dk; publications.

_____, E. (1985): Forbrug og forurening med kviksølv i Danmark [Consumption of and pollution with mercury in Denmark]. Danish Environmental protection Agency, Copenhagen. (In Danish)

HARADA, M., Nakachi, S., Tasaka, K., Sakashita, S., Muta, K., Yanagida, K., Doi, R. and Kizaki, T. (2001): Wide use of skin-lightening soap may cause mercury poisoning in Kenya. . Sci Total Environ: 26, pp.183-187.

HEIER, A. (1990): Use of mercury compounds in indoor latex paint to be eliminated. US EPA Environmental News, June 29, 1990. At: http://www.paint.org/protocol/app-d.cfm

HILMER, E. (1972): Geochemische Untersuchungen im Bereich der Lagerstätte Meggen, Rheinisches Schiefergebirge. Un-publ. doctoral thesis, University of Aachen, Germany, 162 p.

HILLS LM AND STEVENSON RW (2006): Mercury and lead content in raw materials, PCA R&D Serial No. 2888, 2006. As cited by Zheng Y (2011): Mercury removal from cement plants by sorbent injection upstream of a pulse jet fabric filter. Ph.D. The-sis, June 2011, CHEC/DTU, Denmark.

HITCHON, B. and Filby, R. (1983): Geochemical Studies – Trace Elements in Alberta Crude Oils, Open File Report 1983-02, Alberta Research Council for Alberta Energy and Utilities Board and Alberta Geological Survey.

HOAGLAND, A. D. (1971): Appalachian strata-bound deposits: Their essential features, genesis and the exploration problem. Economic Geology, v.66, pp. 805-810.HTC (2000): Hibbing Taconite Company. Voluntary mercury reduction agreement.

HUBER, K. (1997): Wisconsin Mercury SourceBook. Wisconsin Department of Natural Resources, Madison, May 1997. Avail-able at: http://www.epa.gov/glnpo/bnsdocs/hgsbook/

HUSAR, J.D. and Husar, R. (2001): Trends of mercury flows in Florida. Progress Report. Lantern Corporation. At: http://capita.wustl.edu/Capita/CapitaReports/Mercury/MercFlorida011112.doc

HYLANDER L. D and Herbert RB (2008): Global Emission and Production of Mercury during the Pyrometallurgical Extraction of Nonferrous Sulfide Ores. Environ. Sci. Technol. 2008, 42, 5971–5977.

_____ and Meili, M. (2005): The rise and fall of mercury: converting a resource to refuse after 500 years of mining and pollution. Crit. Rev. Environ. Sci. Technol. 34:1-36.

_____, L.D. and Meili, M. (2002): 500 years of mercury production: global annual inventory by region until 2000 and as-sociated emissions. In print, Science of the Total Environment.

INGHAM, A. I. (1940): The zinc and lead deposits of Shawangunk Mountain, New York. Economic Geology, v.35, pp. 751-760.

ISOKANGAS, P. (1978): Finland, in Bowie, S. H. U., Kvalheim, A., and Haslam, H. W., eds., Mineral deposits of Europe, vol. 1: Northwest Europe. London, Inst. Min. Metallurg., pp. 39-92.

JANKOVIC, S. (1982): Yugoslavia, in Dunning, F. W., Mykura, W., and Slater, D., eds., Mineral deposits of Europe, vol. 2: Southeast Europe. London, Inst. Min. Metallurg., p. 143-202.

JEWELL, W. B. (1947): Barite, fluorite, galena, and sphalerite veins of middle Tennessee. Tenn. Div. Geol. Bull. 51, 114 p.

JOHANSEN, V.C. and Hawkins, G.J. (2003): Mercury speciation in cement kilns: A literature review. R&D Serial No. 2567, Portland Cement Association, Skokie, IL, USA. Available at: http://www.cement.org/pdf_files/SN2567.pdf

JOLLY, J. L., and Heyl, A. V. (1964): Mineral paragenesis and zoning in the central Kentucky mineral district. Economic Geol-ogy, v.59, p. 596-624.

_____, J. L., and Heyl, A. V. (1968): Mercury and other trace elements in sphalerite and wallrocks from central Kentucky, Ten-nessee and Appalachian zinc districts: U.S. Geol. Surv. Bulletin 1252-F, 29 p.

JONASSON, I. R. and Sangster, D. F. (1975): Variations in the mercury content of sphalerite from some Canadian sulphide de-posits. *Assoc. Expl.* Geochem., Spec. Publ. No. 2, p. 313-332.

JONES, D. K. (1988): A geochemical study of a breccia body in the central Tennessee zinc district. Jour. Geochem. Explorat., v.30, p. 197-207.

JONES G and Miller G (2005): Final Report to U.S. Environmental Protection Agency Region IX. Mercury and Modern Gold Mining in Nevada. Dept. of Natural Resources and Environmental Sciences, University of Nevada.

KAKAREKA, S., Khomich, V., Kukharchyk, T. and Loginov, V. (1998): Heavy metals emission factors assessment for the CIS countries. Institute for Problems of Natural Resources Use and Ecology, Minsk.

Kanare, H. (1999): Comparison of Trace Metal Concentrations in Cement Kiln Dust, Agricultural Limestone, Sewage Sludge, and Soil, SN2080, Portland Cement Association, Skokie, IL, USA, 1999.

KEMI (1998): Kvicksilveravvecklinggen i Sverige (mercury phase-out in Sweden). Kemikalieinspektionen 5/98. Solna, Swe-den.

_____ (2004): Mercury-investigation of a general ban. Report No. 4/04 by the Swedish Chemicals Inspectorate in response to a commission from the Swedish Government, Sweden. Available at: http://www.kemi.se/upload/Trycksaker/Pdf/Rapporter/Rapport4_04.pdf

KESLER, S.E., Russell, N. and McCurdy, K. (2003): In press: Trace metal content of the Pueblo Viejo precious metal deposits and their relation to other high-sulfidation epithermal systems. Mineral. Deposita 38, as cited by Seal and Hammarström (2003).

KIM K.H. and Kim M.Y. (2002): Mercury emissions as landfill gas from a large-scale abandoned landfill site in Seoul. Atmos. Environ. 36, 4919-4928.

KIM J.H, Park JM, Lee SB, Pudasainee D, Seo Y-C (2010a): Anthropogenic mercury emission inventory with emission factors and total emission in Korea. Atmospheric Environment 44 (2010) 2714-2721, as cited by UNEP/AMAP, 2012

_____, Pudasainee D, Yoon Y-S, Son U-S, Seo Y-C (2010b): Studies on speciation changes and mass distribution of mercu-ry in a bituminous coal-fired power plant by combining field data and chemical equilibrium calculation. Ind. Eng. Chem. Res. 2010, 49, pp. 5197–5203, as cited by UNEP/AMAP, 2012

KINDBOM, K and Munthe, J. (1998): Hur påverkas kvicksilver i miljön av olika energialternativ? [How is mercury in the envi-ronment influenced by different energy alternatives]. IVL Svenska Miljöinstitutttet. (In Swedish)

KINSEY et al (2004): Characterization of the Fugitive Mercury Emissions at a Chlor-alkali Plant: Overall Study Design. At-mospheric Environment 38, pp. 633-641.

_____ et al. (2004): Characterization of Fugitive Mercury Emissions from the Cell Building at a US Chlor-alkali Plant. At-mospheric Environment 38, pp. 623-631.

KIRCHARTZ, B. (1994): Reaction and Removal of Trace Element in Burning of Cement Clinker, (Reaktion und Abscheidung von Spurenelementen beim Brennen des Zementklinkers), Schriftenreihe der Zementindustrie; Heft 56, Duesseldorf Beton-Verlag, Germany, 1994.

KISSIN, S. A. and Sherlock, R. L. (1989): Grant 300-the genesis of silver vein deposits in the Thunder Bay area, northwestern Ontario. Ontario Geol. Surv. Misc. Pap. 143, pp. 33-41.

KITAMURA, M., Kondo, M., Tagizawa, Y., Fujii, M. and Fujiki, M. (1976): Mercury, Kondansha, Tokyo, Japan, 1976.

KLEINEVOSs, A. (1971): Zur geochemischen Charakteristik des Quecksilbers unter besonderer Berücksichtigung der Hg-Verteilung in den Erzlagern des Rammelberges und ihrer Umgebung. Unpubl. doctoral thesis, University of Clausthal Ger-many, 190 p.

KLEMM, W.A. (1993): "Cement Kiln Dust – A Look at Its Uses and Characteristics," Proceedings 29th International Cement Seminar, Rock Products, 1993.

KOLKER A (2012): Personal communication, USGS, as cited by UNEP/AMAP, 2012.

KOMETANI, H., Tamano, Y., Gay, K.M., and van Maris, R. (year not indicated). The evaluation of metal and tertiary amine catalyst in CASE applications. Tosoh Website. Update of paper presented at the API Polyurethanes Expo 2001. Conference Proceedings, pp. 373-380.

KOTNIK J., Dizdarevic T. and Horvat M. (2004): Current and past mercury distribution in air over Idrija region. In Mercury as a Global Pullotant, part 1, RMZ - Materials and Geoenvironment - periodical for mining, metallurgy and geology, Ljubliana, Slovenia, 2004.

KOVRIGO, 0. A., Mosolkov, V. T. and Shilov, L. I. (1976): Peculiarities of the mercury distribution in the Rid-der-Sokol'noe deposit (Rudnyi Altai). Soviet Geol. Geophys., v. 17, nº. 9, pp. 55-60.

KRAHN, L., Friedrich, G., Gussone, R. and Scheps, V. (1986): Zur Blei-Zink-Vererzung in Carbonatgesteinen des Aachen-Stolberger Raums. Fortschr. Geol. Rheinland und Westfalen, v.34, p. 133-157.

KRAUME, E. (1955): Die Erzlager des Rammelsberges bei Goslar. Beihefte zum Geologischen Jahrbuch, v.18, 394 p.

KRIVTSOV, A.I. and Klimenko, N. G. (1997): Mineral Raw Materials. Copper. Reference Book. Moscow: Geoinformmark Pub-lishers, 1997. 51 p. As cited in Lassen et al. (2004).

KULMS, M. (1970): Die Verteilung der Elemente Pb, Zn, Cd, Hg, Cu, Co, Ni, Mn und Fe in den Böden der Lagerstättengebiete Maubach und Bleialf sowie in den den Flusswässern und Flusssedimenten des Triasdreiecks von Maubach-Mechernich-Kall, Eifel-Ein Beitrag zur geochemischen Erzlagerstättenprospektion. Unpubl. doctoral thesis, University of Aachen, Germany, 195 p.

KUTLIAKHMETOV, A.N. (2002): Mercury contamination of landscapes by mining enterprises of Bashkirian East-of-Ural Region (in Russian). Autoref. thesis of Cand. Geogr. Sc. - Yekaterinburg. As cited in Lassen et al. (2004).

KYLE, J. R. (1976): Brecciation, alteration, and mineralization in the central Tennessee zinc district. Economic Geology, v. 71, pp. 892-903.

KYRGYZSTAN MERCURY TEAM of UNEP, UNITAR and Zoï Environment Network (2009): Khaidarkan Mercury - Adressing pri-mary mercury mining in Kyrgyzstan. UNEP, 2009. Available at http://www.grida.no/publications/rr/mercury/ .

LASSEN, C. (Ed.), Treger, Y.A., Yanin, E.P., Revich, B.A., Shenfeld, B.E., Dutchak, S.V., Ozorova, N.A., Laperdina, T.G. and Kubasov, V.L. (2004): Assessment of mercury releases from the Russian Federation. Ministry of Natural Resources of the Russian Federation, Danish Environment Protection agency, Arctic Council. Draft, 2004.

Lassen, C., Birgitte Holt Andersen, B.H., Maag, J. and Maxson, P. (2008): Options for reducing mercury use in products and applications, and the fate of mercury already circulating in society. CAGI and Concorde East/West for the European Commis-sion, DG Environment.

LAZNICKA, P. (1981): Data on the worldwide distribution of stratiform and stratabound ore deposits, in Wolf, K. H., ed., Hand-book of strata-bound and stratiform ore deposits, v.10. Amsterdam, Elsevier, pp. 79-389.

LEANER J. et al. (2008): Mercury Emissions from Point Sources in South Africa. In Mercury Fate and Transport in the Global Atmosphere: Measurements, Models and Policy Implications (Eds. Pirrone N. and Mason R.), accessed December 2009 at http://www.chem.unep.ch/mercury/Sector-Specific-Information/Full_Report.pdf

LEVIN, L. (1997): Review comments from Dr. L. Levin, Electric Power Research Institute (EPRI), Palo Alto, CA, to D. Beauregard, U. S. Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, NC, June 20, 1997.

LIANG, L., Horvat, M. and P. Danilchik (1996): A Novel Analytical Method for Determination of Picogram Levels of Total Mercury in Gasoline and Other Petroleum Based Products, Sci. Tot. Environ., 187:57.

_____, L., Lazoff, S., Horvat, M., Swain, E. and Gilkeson, J. (2000): Determination of mercury in crude oil by in-situ thermal decomposition using a simple lab built system. Fresenius' J. Anal. Chem., 367:8.

LINDBERG S.E., Walschläger D., Prestbo E.M., Bloom N.S., Price J. and Reinhart D. (2001): Methylated mercury species in municipal waste landfill gas sampled in Florida, USA. Atmos. Environ. 35, pp. 4011-4015.

_____., (2004): Personal communication. Environmental Sciences Division, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, TN, USA.

_____, S.E., Southworth, G., Prestbo, E.M., Wallschläger, D., Bogle, M.A., Price, J. (2004): Gaseous methyl- and inorganic mercury in landfill gas from landfills in Florida, Minnesota, Delaware, and California. Atmospheric Environment 39 (2005) 249–258.

LOWELL Center for Sustainable Production (2003). A Review of Thersmostat Energy Efficiency and Pricing, Lowell Center for Sustainable Production, May 2003. Available at: http://www.sustainableproduction.org/.

LUTTRELL, C. W. (1966): Base- and precious-metal and related ore deposits of Virginia. Virginia Div. Min. Resources, Min. Resources Report 7, 167 p.

MAAG, J. (2004): Arctic mercury releases inventory. Appendix on Mercury releases from Finland. CAGI for the Arctic Coun-cil and the Danish Environment Protection Agency, Copenhagen. Draft report of 2004.

_____, Hansen, E. and Dall, O. (2001): Mercury - a global pollutant requiring global initiatives. TemaNord 2002:516, Nor-dic Council of Ministers, Copenhagen. Available at www.norden.org.

_____, Lassen, C. and Hansen, E. (1996): Massestrømsanalyse for kviksølv (substance flow assessment for mercury). Miljøproject no. 344, 1996, Danish Environmental Protection Agency, Copenhagen (in Danish with summary in English). Available at www.mst.dk; publikationer.

MAGAW, R., McMillen, S., Gala, W., Trefry, J., and Trocine, R. (1999): Risk evaluation of metals in crude oils, Proceedings SPE/EPA Exploration and Production Environmental Conference, SPE Paper nº. 52725.

MAHE, A., Blanc, L., Halna, J.M., Keita, S., Sanogo, T. and Bobin, P. (1993): An epidemiologic survey on the cosmetic use of bleaching agents by the women of Bamako (Mali). Ann. Dermatol. Vernereol 120: 870-873. (In French)

MAHER, S. W. and Fagan, J. M. (1970): Trace element content of some ore deposits in the southeastern states. Tenn. Div. Geol. Inform. Circular 16, 1 p.

MAINE BOARD OF ENVIRONMENTAL PROTECTION (2004). Upheld on appeal by the Maine Board of Environmental Protection, Deci-sion dated May 6, 2004. Available at: http://www.maine.gov/dep/index.shtml

_____(2003). Denial of NEMA Exemption Request, Maine DEP Order dated Au-gust 13, 2003. Available at: http://www.maine.gov/dep/index.shtml

MARCOUX, E., Moëlo Y. and Leistel, J. M. (1996): Bismuth and cobalt minerals as indicators of stringer zones to massive sul-phide deposits, Iberian pyrite belt. Mineral. Deposita, v.31, pp. 1-26.

MARKMANN P. N., Jensen, P. and Abildgård, J. (2001): Old heating plants still cause mercury pollution. NyViden from the Danish EPA. Available at: http://www.mst.dk/project/NyViden/2001/11230000.htm

MASEKOAMENg KE, Leaner JJ, Dabrowski J (2010): Trends in anthropogenic mercury emissions estimated for South Africa during 2000-2006. Atmospheric Environment (2010). Doi:10.1016/j.atmosenv.2010.05.006, as cited by UNEP/AMAP, 2012

MAXSON, P. (2004): Mercury flows in Europe and the world: The impact of decommissioned chlor-alkali plants. European Commission, Brussels. Available at: europa.eu.int/comm/environment/chemicals/mercury/pdf/report.pdf.

_____. A. and Vonkeman, G.H. (1996): Mercury stock management in the Netherlands. Background document prepared for workshop "Mercury: Ban it or bridle it?" Held 21. November 1996, The Hague, Netherlands, Institute for European Envi-ronmental Policy, Brussels, Belgium, 48 p.

MAZZI E, Glesmann S, Bell A (2006): Canada wide standards mercury measurement methodologies for coal-fired power plants. Paper # 15. EPRI-EPA-DOE-AW&MA Power Plant Air Pollutant Control "MEGA" Symposium, August 28-31, 2006, Baltimore, Maryland, USA., as cited by UNEP/AMAP, 2012

MERCURY WATCH (2012). Accessed Nov. 2012 at http://www.mercurywatch.org/default.aspx?panename=globalDatabase.

MDH (2008b). Mercury flooring testing and mitigation: Guidance for environmental professionals. Minnesota Department of Health, Environmental Health Division, August 2008.

MMMW (1990): Mercury exposure from interior latex paint -- Michigan. Morbidity and Mortality Weekly report March 1990. Available at: http://www.cdc.gov/mmwr/preview/mmwrhtml/00001566.htm

MORRIS, R. (2000): New TRI Reporting Rules on Mercury, Proceedings National Petroleum Refiners Association Meeting, San Antonio, TX, (September).

MPCA (2008): Report on the mercury TMDL implementation plan stakeholder process. Prepared for the Minnesota Pollution Control Agency by the Minnesota Environmental Initiative.

MRC (1997): Mercury Refining Company. Excerpts from emission source test reports conducted by General Testing Corpo-ration in September 1994 and Galson Corporation in June 1995, Submitted to Midwest Research Institute, Cary, NC, September 3, 1997.

MTAP (2003): When the cows come home. Minnesota Technical Assistance Program. Available at: http://www.mntap.umn.edu/source/16-3/Cows.htm

MUKHERJEE A B, Bhattacharya P, Sarkar A, Zevenhoven R (2008): Mercury emissions from industrial sources in India and its effects in the environment. Chapter 4 in N. Pirrone and R. Mason (eds.) Mercury Fate and Transport in the Global Atmos-phere., as cited by UNEP/AMAP, 2012

MUNTHE, J., Kindbom, K., Kruger, O., Petersen, G., Pacyna, J., and Iverfeldt, A. (2001): Examining source-receptor relation-ships for mercury in Scandinavia. Modelled and empirical evidence, Water Air Soil Pollut. Focus 1, 279, 2001.

MUSA, M., Markus, W., Elghondi, A., Etwir, R., Hannan, A. and Arafa, E. (1995): Neutron Activation Analysis of Major and Trace Elements in Crude Petroleum, J. Radioanal. Nucl. Chem., 198(1):17.

MUSTAFIN, S.K., Minigazimov, N.S. and Zainulin, H.N. (1998): Problems of mercury-related safety of Southern Ural. Envi-ronmental problems of industrial areas of Ural V.1, Magnitogorsk: MGMA, 1998, pp. 148-154. As cited in Lassen et al. (2004).

NCASI (1995): National Council of the Paper Industry for Air and Stream Improvement, Inc. (NCASI), 1995. Compilation of Air Toxic and Total Hydrocarbon Emissions Data For Sources at Chemical Wood Pulp Mills. NCASI Technical Bulletin nº. 701. October 1995.

NCM (2010): Mercury – Reductions are feasible. Inspiration for reduction of mercury releases with known technologies and management solutions. ANP 2010:738. Nordic Council of Ministers, Copenhagen 2010.

NELSON P (2012): Personal communication, as cited by UNEP/AMAP, 2012.

NEMA (1996): National Electrial Manufacturers Association (NEMA), 1996. Fluorescent Lamps and the Environment. Rosslyn, VA, July 1996. Available at http://www.nema.org/lamprecycle/nemafluorfinal.pdf.

_____ (2000): Environmental Impact Analysis: Spent Mercury-Containing Lamps, report by the (US) National Electrical Manufacturers Association dated January 2000 and available from www.nema.org/papers/enviimpact.doc.

NESCAUM (1998): The Northeast States and Eastern Canadian Provinces Mercury Study, February 1998. Available on in-ternet at: http://www.cciw.ca/ca/eman-temp/reports/publications/mercury/

NEWHOUSE, D.W. (2003): There is mercury in those rubber floors. Newhouse, Prophater and Lechter LLC. Accessed at: http://www.npllawyers.com/source/profiles/Mercury%20Article.pdf

NEWMOA (2001): Interstate Mercury Education & Reduction Clearinghouse (IMERC) Mercury-Added Products Database. Available at: http://www.newmoa.org/Newmoa/htdocs/prevention/mercury/imerc/notification/

_____ (2003): Summary of Research on Mercury Emissions from Municipal Landfills. NEWMOA, 2003. Accessed Dec. 2009 at www.newmoa.org/prevention/mercury/landfillfactsheet.doc .

NIH (2004): Mercury free NIH Campaign. Reagents with mercury. National Institutes of Health. Available at: http://www.nih.gov/od/ors/ds/nomercury/index.htm

NISHIYAMA, T. (1974): Minor elements in some sulphide minerals from the Kuroko deposits of the Shakanai mine. Min. Geol. Spec. Iss., nº. 6, pp. 371-376.

NJ MTF (2002): New Jersey Mercury Task Force Report. Volume III. Sources of Mercury in New Jersey. January 2002. Available at website: http://www.state.nj.us/dep/dsr/Vol3-chapter1.pdf.

NPI (1999a): Emission Estimation Technique Manual for Alumina Refining, Environment Australia, 1999. Accessed at www.npi.gov.au, October 2004.

_____ (1999b): National Pollution Inventory (NPI), Emission Estimation Technique Manual for Aluminium Smelting, Environ-ment Australia, 1999b. Accessed at www.npi.gov.au, October 2004.

_____ (2004): National Pollution Inventory (NPI), Data extracted from the NPI database. Accessed October 2004 at www.npi.gov.au).

_____ (2009): National Pollution Inventory (NPI), Data extracted from the NPI database. Accessed November 2009 at www.npi.gov.au).

NRIAGU, J.O. and Pacyna, J.M. (1988): quantitative assessment of worldwide contamination of air, water and soil by trace metals. Nature 333, pp. 134-139. As cited by Feng et al. (2004).

OFTEDAL, I. (1941): Untersuchungen über die Nebenbestandteile von Erzmineralien Norwegischer zinkblendeführender Vorkommen. Skrifter utgit av Det Norske Videnskaps-Akademi i Oslo, I. Mat. Naturv. Klasse, 1940 nº. 8, 103 p.

OILTRACERS (1999-2004): Using gas geochemistry to assess mercury risk. Available at: http://www.gaschem.com/mercur.html

OLSEN, S., Westerlund, S. and Visser, R. (1997): Analysis of Metals in Condensates and Naphthas by ICP-MS, Analyst, 122:1229.

OSPAR (2002): Mercury emissions from crematoria and their control in the OSPAR Convention Area. OSPAR Commission, Paris. Available at: http://www.ospar.org/documents/dbase/publications/p00179_Mercury%20emissions%20from%20crematoria.pdf

_____ (2011): Mercury losses from the Chlor-alkali industryin 2009, including an assessment of 2008 and 2009 data and trends. Accessed January 2013 at: http://www.ospar.org/documents/dbase/publications/p00537_mercury%20losses%20report%202009.pdf

OUTOTEC (2012): Personal communication. Outotec Sweden AB, 2012.

OZEROVA, N. A. (1959): The use of primary dispersion halos of mercury in the search for lead-zinc deposits. Geochemistry, p. 793-802.

_____ , N. A. (1983): Mercury content of hydrothermal ore deposits. Doklady Earth Sci. Sect., v.261, pp. 203-205.

_____ , N. A. (1986): Mercury and endogenetic ore formation. Moscow, Akad. Nauk SSSR, Ordena Trudovogo Krasnogo Znameni, Inst. Geol. Rudnykh Mestorozhdeniy, Petrog., Mineral., Geochim., 231 p. (in Russian).

_____ , N. A., Rusinov, V. L. and Ozerov, Y. K. (1975): The mercury in sulphide deposits emplaced in volcanic suites. Mineral. Deposita, v. 10, pp. 228-233.

PACYNa, J.M. and Pacyna, E.G. (2000): Assessment of emissions/discharges of mercury reaching the Arctic environment. The Norwegian Institute for Air Research, NILU Report OR 7/2000, Kjeller, Norway.

PAJ (2012): Submitted material and personal communication between UNEP and Yoshihiro Inoue of the Petroleum Associa-tion of Japan. 2012.

PASSANT, N.R. (2004): Review of emission factors for mercury emitted from cremation. AEA Technology for DEFRA/WEG/SE, UK. Available at: http://www.defra.gov.uk/corporate/consult/crematoria-two/consultation.pdf

PIRRONE ,N. and Mason, R (Eds.): Mercury Fate and Transport in the Global Atmosphere: Measurements, Models and Policy Implications. Interim Report of the UNEP Global Mercury Partnership - Mercury Air Transport and Fate Research partnership area. Available at http://www.chem.unep.ch/mercury/Sector-Specific-Information/Full_Report.pdf .

_____ , Munthe, J., Barregård, L., Ehrlich, H.C., Petersen, G., Fernandez, R., Hansen, J.C., Grandjean, P., Horvat, M., Steinnes, E., Ahrens, R., Pacyna, J.M., Borowiak, A., Boffetta, P. and Wichmann-Fiebig, M. (2001): EU Ambient Air Pollu-tion by Mercury (Hg) - Position Paper. Office for Official Publications of the European Communities, 2001. Submitted by Ita-ly (available on http://europa.eu.int/comm/environment/air/background.htm#mercury).

PITCHE, P., Afanou, A., Amanga, Y. and Tchangai-Walla, K. (1997): Prevalence of skin disorders associated with the use of bleaching cosmetics by Lome women. Sante 7:161-164. (In French)

PLACHY, J. (1996): Mercury. (In) Minerals Yearbook, Volume 1 – Metals and Minerals, US Geological Survey, United States Department of the Interior, Washington, D.C.

PRF (1996): Mercury in buildings. Purdue Research Foundation, West Lafayette. Available at: http://pasture.ecn.purdue.edu/~mercury/src-01-02/toc.htm.

PRODUCT STEWARDSHIP INSTITUTE (FPI) (2004). Thermostat Stewardship Initiative: Background Research Summary, Product Stewardship Institute (FPI), October 18, 2004, pp. 5-6. Available at: http://www.productstewardship.us/prod_mercury_project.html

PYE, E. G. (1964): Mineral deposits of the Big Duck Lake area, district of Thunder Bay. Ontario Dept. Mines Geol. Report, nº. 27, 47 p.

QI, X., 1997. Development and application of an information administration system on mercury. Masters Dissertation, Re-search Center for Eco-Environmental Sciences, Beijing, China (in Chinese with abstract in English).

REESE (1999): USA Geological Survey Minerals Yearbook – 1999: Mercury. USGS at www.usgs.gov

REIN, K. and Hylander, L.D. (2000): Experiences from phasing out the use of mercury in Sweden, Regional Environ. Change 1, 126, 2000.

REINDL, J. (2003): Summary of References on Mercury Emissions from Crematoria - DRAFT. Dane County Department of Public Works. Madison Wisconsin. August 12, 2003.

REISDORF, R.P. and D'Orlando, D.C. (1984): Survey of Health Hazard Control Systems for Mercury Use and Processing. NTIS PB85-107241. National Technical Information Service, Springfield, VA.

RENNER, H. (2000): Gold, gold alloys, and gold compounds - production. In Ullmans encyclopedia of industrial chemistry, Wiley-VCH Verlag, as displayed December 2004 at http://www.mrw.interscience.wiley.com/ueic/articles/a12_499/frame.html

RENTZ, O., Sasse, H., Karl, U., Schleff, H.J. and Dorn, R. (1996): Emission control at stationary sources in the Federal Repub-lic of Germany - Volume II, Heavy metal emission control. French-German Institute for Environmental Research (DFIU), University of Karlsruhe, 1996 (submitted by Germany for the global Mercury Assessment).

ROTHENBURG S E and Katz R W (2011): The UNEP Toolkit: Concerns about over-estimation of environmental Hg releases due to dental amalgam use. Poster presented at the conference Mercury as a Global Pollutant, Halifax, Canada, July 2011.

RUI, I. J. (1973): Geology and structures of the Rostvangen sulphide deposit in the Kvikne district, central Norwegian Cale-donides. Norsk Geologisk Tidsskrift, v. 53, pp. 433-442.

RYALL, W. R. (1979a): Mercury in the Broken Hill (N.S.W., Australia) lead-zinc-silver lodes. Jour. Geochem. Explorat., v..11, p. 175-194.

_____, W. R. (1979b): Mercury distribution in the Woodlawn massive sulphide deposit, New South Wales. Economic Geolo-gy, v.74, pp. 1471-1484.

SAENGER, M., Werther, J. and Hanssen, H. (1999b): Concentrations and mass balance of mercury in a fluidized bed sewage sludge incineration plants. Proceedings of the 15th International Conference on Fluidized Bed Combustion, May 16 - 19, 1999, Savannah, Georgia.

_____ , M., Werther, J. and Lungwitz, H. (1999a): Mercury emissions from German fluidized bed sludge incinerators - A status report. Proceedings of the 15th International Conference on Fluidized Bed Combustion, May 16 - 19, 1999, Savannah, Georgia. Available at: http://www.portalenergy.com/balpyo/15icfbc/99-0042.pdf

SANGSTER, D. F. (1986): Classification, distribution and grade-tonnage summaries of Canadian lead-zinc deposits. Can. Geol. Surv. Economic Geology Report 37, 68 p.

_____, D. F. (1990): Mississippi Valley-type and sedex lead-zinc deposits: A comparative examination. Trans. Inst. Min. Metallurg., v. 99, pp. B21-B42.

SAUPE, F.R. (1972): The Encyclopedia of Geochemistry and Environmental Science, Editor Fairbridge R. W., Van Nostrand Reinhold, New York, NY, USA, 1972.

SCB (2002): Bidrag till Sveriges officiella statistik (Contribution to the Official Statistics of Sweden): Fabriker och manufak-turer. Annul volumes for 1858–1895, Fabriker och hantverk Annual volumes for 1896–1910, Utrikes handel och sj¨ofart. An-nual volumes for 1858–1890, Utrikes handeln. Annual volumes for 1891– 1894, Handel. Annual volumes for 1895–1910, Kommerskollegium. Norstedt och S¨oner and Isaac Marcus Boktr. AB, Stockholm, Sweden, 1859–1912. Sveriges officiella statistik (Official Statistics of Sweden): Industri. Annual volumes for 1911–1961, Handel. Annual volumes for 1911–1961, Stockholm, Sweden, 1912–1962. Statistics from 1962 onwards at Statistics Sweden, www.SCB.se (accessed Feb 20, 2002).

SCHACHERMAYER, E., Bauer, G. and Ritter, E. (1995): Messung der Güter- und Stoffbilanz einer Müllverbrennungsanlage. [Measurement of the material and substance balance of a municipal solid waste incineration plant]. Monographie; Band 56.Wien. (In German)

SCHÄFER, S. and Hoenig, V. (2001): "Operational Factors Affecting the Mercury Emissions from

Rotary Kilns in the Cement Industry," Zement-Kalk-Gips International, Bauverlag GmbH, Walluf, Germany, Volume 54, No. 11, 2001.

SCHNEIDER, M. and Oerter, M. (2000): "Limiting and Determining Mercury Emissions in the Cement Industry," Zement-Kalk-Gips International, Germany, v., 53, nº. 3, 2000.

SCHROLL, E. (1953): Über Unterschiede im Spurengehalt bei Wurtziten, Schalenblenden und Zinkblenden. Sitzungsberichte der

_____ , E. (1983): Geochemical characterization of the Bleiberg type and other carbonate hosted lead-zinc mineralizations, in 4th ISMIDA, Berchtesgaden, Germany, 4-10 October 1981, Proc., pp. 189-197.

SCHWARTZ, M. O. (1972): Geochemische und Lagerstättenkundliche Untersuchungen in Minas de Osor und Umgebung (Provinz Gerona, Spanien). Unpubl. doctoral thesis, University of Aachen, Germany, 109 p.

_____ , M.O. (1997): Mercury in zinc deposits: Economic geology of a polluting element. Internat. Geol. Rev. 39, pp. 905-923.

SCOULLOS, M., Vonkeman, G., Thornton, I., Makuch, Z., Arsenikos, S., Constantianos, V., Docx, P., Karavoltsos, S., MacDon-ald, K., Mantzara, B., Maxson, P., Rautiu, R., Roniotes, S., Sakellari, A. and Zeri, C. (2000): EUPHEMET - Towards an inte-grated EU policy for heavy metals. For the European Commission DG12 - Research Directorate-General, Brussels.

SEAL, R.R., II and Hammarstrom, J.M. (2003): Geoenvironmental models of mineral deposits: examples from massive sulphide and gold deposits: Environmental Aspects of Mine Wastes, J.L. Jambor, D.W. Blowes, and A.I.M. Ritchie (eds.), Mineralogi-cal Association of Canada Short Series, v. 31, pp 11-50.

SENIOR, C. and Eric Eddings, E. (2006): Evolution of Mercury from Limestone. Portland Cement Association, Skokie, Illinois. http://www.cement.org/Bookstore/download.asp?mediatypeid=1&id=13030&itemid=SN2949

SERAPHIM, R. H. (1980): Western Mines-Myra, Lynx and Price deposits. CIM Bull., December 1980, p.71-86.

SH (2004): Mercury sources and alternatives in health care. Sustainable Hospitals. Available at: http://www.sustainablehospitals.org/HTMLSrc/IP_Merc_Tools_List.html

SHAH, K. R., Filby, R. H. and Haller, W. A. (1970): Determination of Trace Elements in Petroleum by Neutron Activation Analysis, Journal of Radioanalytical Chemistry, 6:413.

SHIN Chan-Ki et al. (2000): A study on the proper treatment of incineration residues from MSW Incinerator (I) - on the basis of bottom ash. Waste Rreatment Engineering Division of theNational Institute of Environmental Research, Korea. As cited in the submission from the Republic of Korea for the UNEP Global Mercury Assessment. Available at: http://www.chem.unep.ch/mercury/2001-gov-sub/sub76govatt2.pdf

Shunlin Tang, Xinbin Feng, Zhonggen Li, Shaofeng Wang and Lian Liang (2004): A preliminary study on mercury speciation in municipal waste landfill gas from Guizhou, China. In Mercury as a Global Pullotant, part 1, RMZ - Materials and Geoenvi-ronment - periodical for mining, metallurgy and geology, Ljubliana, Slovenia, 2004.

SKARE, I. and Engqvist, L. (1994): Human exposure to mercury and silver released from dental amalgam restorations. Arch. Environ. Health 1994; 49:384-394.

SKÅRUP, S., Christensen, C.L., Maag, J. and Jensen, S.H. (2003): Substance Flow Analysis for Mercury. Environmental project no. 808, The Danish EPA, 2003(in Danish with summary in English). Available at www.mst.dk. Since 2004 also available in English at same website.

SLOSS LL (2008): Economics of mercury control. CCC/134, IEA Clean Coal Center, as cited by UNEP/AMAP, 2012.

SMIRNOV, V. I., ed. (1977): Ore deposits of the USSR, v.3. London, Pitman, 424 p.

SMITH, R. C., II, (1977): Zinc and lead occurrences in Pennsylvania. Penn. Geol. Surv., Min. Resources Report 72, 318 p.

SOLER, P. (1982): Comentario sobre la distribución de elementos menores y trazas (Ag, Bi, Hg, Se, Cd, In, Ge, Ga, Sn) en los yacimientos de Pb-Zn del Peru central, in V Cong. Latinoamer. Geol., Argentina, 1982, Proc., v. IV, pp. 159-175.

SÖRME, L. and Lagerkvist, R. (2002): Sources of heavy metals in urban wastewater in Stockholm. The Science of the Total Environment 298 (2002) 131.145

_____ , Lindqvist, A. and Söderberg, H. (2003): Capacity to Influence Sources of Heavy Metals to Wastewater Treatment Sludge. Environmental Management Vol. 31, No. 3, pp. 421–428

SOUTHWORTh et al. (2004): Fugitive Mercury Emissions from a Chlor-alkali Factory: Sources and Fluxes to the Atmosphere. Atmospheric Environment 38: 597-611

SPRUNG, S. (1982): "Technologishe Probleme beim Brennen des Zementklinkers, Ursache und Lösung," Schrigtenreihe der Zementindustrie, Verein Deutscher Zementwerke e.V., Düsseldorf, Germany, Heft 43, 1982 Translation by Brodek, T.V., "Technological Problems in Pyro-Processing Cement".

SRIVASTAVA, R.C. (2003): "Guidance and Awareness Raising Materials under new UNEP Mercury Programs (Indian Scenar-io)". Center for Environmental Pollution Monitoring and Mitigation. Lucknow, India. Submission to UNEP in August 2003.

SURALCO (2007): Environment & Technology. Presentation at Bauxiet Instituut Suriname. Paramaribo. http://www.bauxietinstituut.com/files/Environment%20%20and%20Technology%20-%20Suralco%20LLC.pdf

SZNOPEK, J.L. and Goonan, T.G. (2000): The materials flow of mercury in the economies of the United States and the world. USA Geological Survey Circular 1197, vers. 1.0, USA Geological Survey, Nov. 2000, downloaded from http://greenwood.cr.usgs.gov/pub/circulars/c1197/ in January 2001. Available from http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/mercury/.

TAO, H., Murakami, T., Tominaga, M. and Miyazaki, A. (1998): Mercury speciation in natural gas condensate by gas chroma-tography-inductively coupled plasma mass spectrometry, J. Anal. At. Spectrom., 13:1085. Telmer K (2012): Personal communication. Artisanal Gold Council. September 2012.

TEMPELMAN-KLUIT, D. J. (1972): Geology and origin of the Faro, Vangorda, and Swim concordant zinc-lead deposits, central Yukon Territory. Can. Geol. Surv. Bull. 208, 73 p.

TERZIC, S. B. (1972): Thallium and mercury in minerals from the Mezica ore deposit. Geol. Razprave in Porocila, v. 15, pp. 361-368.

THORPE, R. I., (1972): Mineral exploration and mining activities, mainland Northwest Territories, 1966 to 1968. Can. Geol. Surv. Pap. pp. 70-70, 204 p.

THURLOW, J. G., Swanson, E. A. and Strong, D. F. (1975): Geology and lithogeochemistry of the Buchans polymetallic sul-phide deposits, Newfoundland. Economic Geology, v. 70, pp. 130-144.

TIKKANEN, G.D. (1986): World resources and supply of lead and zinc. In: Bush VR (Ed.): Economics of internationally traded minerals. Littleton, CO, Soc. Min. Eng., pp. 242-250. as cited by Schwartz (1997).

TOXICS LINK (2003): Mercury in India –Toxic Pathway-. September 2003, p. 24. Available at: http://www.toxicslink.org/docs/06035_publications-1-33-2.pdf

TRI (2004): Toxics Release Inventory (TRI) Program. US Environmental Protection Agency. Available at: http://www.epa.gov/triexplorer/

ULLMANN (2000): Ullmann's encyclopedia of industrial chemistry: Zinc, starting materials for zinc production. Accessed at www.mrw.interscience.wiley.com/ueic/articles/a28_509/sect3.html in October 2003 .

_____ (2001): Ullmann's enyclopedia of industrial chemistry: Copper, Copper minerals. Accessed at www.mrw.interscience.wiley.com/ueic/articles/a28_509/sect3.html in October 2003.

UNEP (2002): Global Mercury Assessment, UNEP Chemicals, Geneva, Switzerland, December 2002.

_____ (2003): Standardized Toolkit for Identification and Quantification of Dioxin and Furan Releases, 1st edition, May 2003, UNEP Chemicals, Geneva, Switzerland.

_____ 2010a. Study on mercury sources and emissions and analysis of the cost and effectiveness of control measures (Para-graph-29 Study). UNEP(DTIE)/Hg/INC.2/4. UNEP-Chemicals, Geneva, as cited by UNEP/AMAP, 2012

_____ (2011c): Reducing mercury emissions from coal combustion in the energy sector of China. Prepared for the Ministry of Environment Protection of China and UNEP Chemicals. Tsinghua University, Beijing, China. February 2011., as cited by UNEP/AMAP, 2012

_____(2011d), Romanov: Reducing mercury emissions from coal combustion in the energy sector of the Russian Federation. Prepared by the Scientific Research Institute for Atmospheric Air Protection (SRI Atmosphere, JSC), Saint-Petersburg, Rus-sia. November 2011, as cited by UNEP/AMAP, 2012

_____/AMAP (2012): Technical Report. Final Draft (13 November 2012, Technical Background Report on Global Mercury Emissions and Releases).

_____ (2013): Global Mercury Assessment 2013: Sources, Emissions, Releases and Environmental Transport. UNEP Chemi-cals Branch, Geneva, Switzerland

_____/CIMFR-CSIR (2012). As cited by UNEP/AMAP, 2012

UNIDO (2003): Marcello M. Veiga and Randy Baker. Protocols for Environmental and Health Assessment of Mercury Re-leased by Artisanal and Small-scale Miners. April 2003.

UNILEVER (2003): Thermometer factory: Kodaikanal, India (update 7 April 2003). Unilever PLC London. Available at: http://www.unilever.com/environmentsociety/newsandspeeches/Thermometer_factory_Kodaikanal_India.asp?ComponentID= 5664&SourcePageID=165 .

UOP (undated): Mercury removal from natural gas and liquid streams. Corvini G, Stiltner J and Clark K, UOP LLC , Houston, Texas, USA; accessed Sep 12 at www.upo.com.

US (2010): United States Response to UNEP Questionnaire for Paragraph 29 Study, Enclosure 3a April 2010. Revised May 2010. Accessed 2012 at: http://www.unep.org/hazardoussubstances/Portals/9/Mercury/Documents/para29submissions/USA-Non-Ferrous%20Metal%20Production_revised%206-1-10.pdf.

_____ (1984): Review of National Emission Standards for Mercury. EPA-450/3-84-004. Emission Standards and Engineer-ing Division, Research Triangle Park, NC.

_____ (1992): Characterization of Products Containing Mercury in Municipal Solid Waste in the United States, 1970 to 2000. Office of Solid Waste, Washington, DC. March 1992.

_____(1994): Report by W. Battye, U. McGeough, and C. Overcash (EC/R)- 1994. Evaluation of Mercury Emissions from Fluorescent Lamp Crushing. EPA-453/R-94-018. US EPA, RTP, NC.

_____ (1996): Emission Factor Documentation for AP-42, Section 1.6, Wood Waste Combustion in Boilers, Research Tri-angle Park, NC.

_____ (1997a): Locating and estimating air emissions from sources of mercury and mercury compounds. Report EPA-454/R-97-012, (NTIS PB98- 117054), Office of Air Quality Planning and Standards, Research Triangle Park, NC. Available at: http://www.epa.gov/ttn/chief/le/index.html .

_____ (1997b): Mercury Study Report to Congress. US EPA, Dec. 1997. Available at: http://www.epa.gov/mercury/report.htm

_____ (1997c): Mercury emissions from disposal of fluorescent lamps. Office of Solid Waste, US Environmental Protection Agency. Available at: http://www.epa.gov/epaoswer/hazwaste/id/merc-emi/merc-pgs/merc-rpt.pdf .

_____(1998): National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants: Publicly Owned Treatment Works MACT stand-ard. US Federal Register Volume 63, No. 230. December 1, 1998. pages 66084-66101.

_____ (2000): Unified Air Toxics Website: Electric Utility Steam Generating Units, Section 112 Rule Making, Office of Air Quality Planning and Standards, Research Triangle Park, NC. www.epa.gov/ttn/uatw/combust/utiltox/utoxpg.html.

_____ (2001): Great Lakes Binational Toxics Strategy Progress Report 2001, available at: http://www.epa.gov/glnpo/bns/reports/2001Progress/index.html.

_____(2002a): Control of Mercury Emissions from Coal-fired Electric Utility Boilers, Interim Report Including errata Data 3-21-02. EPA-600/R-01-109, National Risk Management Research Laboratory, Research Triangle Park, NC, April 2002. Available at http://www.epa.gov/appcdwww/aptb/EPA-600-R-01-109corrected.pdf.

_____(2002b): National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants: Mercury Emissions From Mercury Cell Chlor-alkali Plants; Proposed Rules. Federal Register. July 3, 2002.

_____(2003a): Mercury: Toxics Release Inventory Fact Sheet. United States Environmental Protection Agency, Region 9. June 2003.

_____(2003b): Clean Energy Information. Available at website: http://www.epa.gov/cleanenergy/oil.htm .

_____(2003c): What Devices Contain Mercury? Welcome to the US EPA Region 5/ Purdue University website. Available at: http://pasture.ecn.purdue.edu/~mercury/src/devicepage.htm#man

_____ (2003d): TRI. Reporting for year 2001 for the Chloralkali Industry. Available at http://dl.rtk.net/tri/fac "2003.

_____(2004): Mercury in medical waste. Available at: http://www.epa.gov/reg5oair/glakes/fact1.htm

VASQUEZ R., H. (1974): Tablas prácticas para la determinación de minerales y directorio minero-metalúrgico Peruano. Lima, Peru, Offset S.A., 118 p.

VDZ (2000): Umweltdaten der deutschen Zementindustrie. [Environmental data for the German cement industry]. Verein deutscher Zementwerke e. V., Düsseldorf. (In German)

_____(2001): Activity Report 1999-2001. Verein Deustcher Zementwerke e. V., Forshungsinstitut der Zementindustrie, Dusseldorf, Germany. Available at: http://www.vdz-online.de/daten/tb_99_01/en/script/start.htm .

VELZEN, D. van, Langenkamp, H. and Herb, G. (2002): Review: Mercury in waste incineration. Waste Management and Re-search 20: 556-568.

VERMONT ANR (2008): Annual report on mercury auto switch recovery program. The Vermont Agency of Natural Resources (ANR). Submitted to the Vermont General Assembly By: Department of Environmental Conservation, Agency of Natural Re-sources. January 15, 2008. Acessed Dec. 2009 at http://www.leg.state.vt.us/reports/2008ExternalReports/228983.pdf .

VOKES, F. M. (1976): Caledonian massive sulphide deposits in Scandinavia. A comparative review, in Wolf, K. H., ed., Handbook of strata-bound and stratiform ore deposits, v.6. Amsterdam, Elsevier, pp. 79-127.

WANKHADE, K.K. (2003): Mercury in India. Toxic pathways. Toxics Link, New Delhi. Available at: http://www.toxicslink.org/pub-view.php?pubnum=35

WATLING, R. J. (1974): Identification and analysis of lattice-held mercury in sphalerite from Keel prospect, County Longford, Ireland. Trans. Inst. Min. Metallurg., v. 83, pp. B88-B94.

WHO (1995): Environmenatl Health Criteria 167. International Programme on Chemical Safety. Acetaldehyde. World Health organization. Geneva, Switzerland.

WIDENFALK, L. (1979): Mercury as an indicator of stratigraphy and metamorphism in the Skellefte ore district. Economic Ge-ology, v. 74, pp. 1307-1314.

WILHELM, S.M. (2001): Mercury in petroleum and natural gas: Estimation of emissions from production, processing, and com-bustion. US Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, Washington. Available at: http://www.epa.gov/ORD/NRMRL/pubs/600r01066/600r01066.pdf

_____, S.M. and Bigham, G.N. (2002): Concentration of mercury in crude oil refined in the United States. 5th International Conference on Mercury as a Global Pollutant, Minamata, Japan. Available at: http://www.hgtech.com/Publications/minamata.htm .

_____, S.M. Liang, L., Cussen, D and Kirchgessner, D.A. (2007): Mercury in crude oil processed in the United States (2004). Environ. Sci. Technol. 41, pp. 4509–4514.

WRIGHT, G. M. (1967): Geology of the southeastern Barren Grounds, parts of the districts of Mackenzie and Keewatin. Can. Geol. Surv. Memoir 350, 91 p.

WSPA (2009): Bay Area Petroleum Refinery Mercury Air Emissions, Deposition, and Fate. Environmental Resources Man-agement for Western States Petroleum Association. McGuire, Hoffman and Paulsen, ERM and Flow Science, for Western States Petroleum Association. Accessed 2012 at http://www.waterboards.ca.gov/rwqcb2/water_issues/programs/TMDLs/sfbaymercury/Hg_Air_Dep_SFB_Refineries%20_WS PA.pdf.

YANIN (2004): Description of non-ferrous metal industry in Lassen et al. (2004).

YEP, C., Algazi, A. and Low, J. (2002): Mercury report. Department of Toxic Substances Control, Hazardous Waste Manage-ment Program and State Regulatory Programs Division, Sacramento, California. Available at: http://www.dtsc.ca.gov/hazardouswaste/mercury/HWM_REP_Mercury_Final.pdf.

ZEEH, S. and Bechstädt, T. (1994): Carbonate-hosted Pb-Zn mineralization at Bleiberg-Kreuth (Austria): Compilation of data and new aspects. Soc. Geol. Appl. Min. Dep., Spec. Publ., no. 10, p. 271-296.

ZHANg L, Wang S, Wu Q, Meng Y, Yang H, Wang F and Hao J (2012): Were mercury emission factors for Chinese non-ferrous metal smelters overestimated? Evidence from onsite measurements in six smelters. Environmental Pollution 171 (2012) 109-117.

332. ZHOU, D., Dai, Y., Yu, C. (2003): China's Sustainable Energy Scenarios 2002. China Environmental Science Press, Beijing (in Chinese). As cited in Mercury Fate and Transport in the Global Atmosphere: Measurements, Models and Policy Implications (Eds. Pirrone N. and Mason R.), accessed December 2009 at http://www.chem.unep.ch/mercury/Sector-Specific-Information/Full_Report.pdf

7 Glossário, siglas e abreviaturas

<	menor que
>	maior que
°C	Grau Celsius (centígrado)
/	dividido por
*	multiplicado por
%	por cento
µg	micrograma (10^{-6}grama)
Dispositivos de APC	dispositivos de controle de poluição do ar (*air pollution control* - APC)
ATSDR	Agência de Registro de Substâncias Tóxicas e Doenças dos Estados Unidos
Países da CEI	Países da Comunidade de Estados Independentes (Armênia, Azerbaidjão, Bielorrússia, Cazaquistão, Quirguistão, República da Moldávia, Rússia, Tajiquistão, Turquemenistão, Ucrânia e Usbequistão)
LS	Lavador de gases a seco, tipo de filtro usado para gases de combustão ácidos, etc;
LU	Lavador úmido
ICA	Injeção de carvão ativado
IAD	injeção de adsorvente em duto
CE	Comunidade Europeia (a partir 1º de maio de 2004, 25 Estados-Membros (Áustria, Bélgica, Chipre, República Tcheca, Dinamarca, Estônia, Finlândia, França, Alemanha, Grécia, Hungria, Irlanda, Itália, Letônia, Lituânia, Luxemburgo, Malta, Polônia, Portugal, Eslováquia, Eslovênia, Espanha, Suécia, Holanda, Reino Unido)); mais tarde expandida para 27, com dois Estados membros adicionais
CIC	Ciclones
UE (15)	Comunidade Europeia antes da expansão em 1º de maio de 2004, quando tinha 15 Estados-Membros (Áustria, Bélgica, Dinamarca, Finlândia, França, Alemanha, Grécia, Irlanda, Itália, Luxemburgo, Países Baixos, Portugal, Espanha, Suécia e Reino Unido)
EMEP	Programa Comum de Monitoramento e Avaliação do Transporte a Longa Distância de Poluentes Atmosféricos na Europa (no âmbito da Convenção LRTAP)
PES	Precipitador eletrostático; equipamentos utilizados para reduzir emissões de certos poluentes provenientes de gases de combustão
PES-F	Precipitador eletrostático lado frio
PES-Q	precipitador eletrostático lado quente
EU	União Europeia. Desde 1º de maio de 2004, a União Europeia tem 25 Estados-Membros (Áustria, Bélgica, Chipre, República Checa, Dinamarca, Estônia, Finlândia, França, Alemanha, Grécia, Hungria, Irlanda, Itália, Letônia, Lituânia, Luxemburgo, Malta, Polônia, Portugal, Eslováquia, Eslovênia, Espanha, Suécia, Países Baixos, Reino Unido), com uma área de mais de 4 milhões de km2 e uma população de aproximadamente 460 milhões de habitantes; mais tarde expandida para 27, com dois Estados membros adicionais

FAO	Organização para Alimentação e Agricultura
FM	Filtro de Tecido; tipo de filtro usado para capturar material particulado (aqui: proveniente de gases de combustão)
DGC	Dessulfurização de gases de combustão; processo/equipamento destinado, principalmente, a minimizar emissões de enxofre dos gases de combustão
g	grama
g/L ou g/L	gramas por litro
Hg0ou Hg (0)	mercúrio elementar
Hg2ou Hg (II)	mercúrio divalente - a forma dominante de mercúrio em compostos de mercúrio orgânicos e inorgânicos. Na atmosfera, espécies de mercúrio com mercúrio divalente são mais facilmente lavadas do ar pela precipitação e depositadas do que o mercúrio elementar;
Hgp- mercúrio particulado	mercúrio ligado, ou adsorvido, a material particulado. Na atmosfera, o mercúrio particulado é depositado muito mais rapidamente do que o mercúrio elementar
ARC	Agência Internacional de Pesquisa sobre Câncer
OIT	Organização Internacional do Trabalho
IPCS	Programa Internacional de Segurança Química
kg	quilograma
l ou L	litro
Tempo de vida	Em descrições dos ciclos de vida de produtos: O intervalo de tempo entre o momento em que o produto é colocado em uso (geralmente o momento da compra) até o momento em que não é mais utilizado ou é descartado
Convenção LRTAP	Convenção sobre a Poluição Atmosférica Transfronteiriça a Longa Distância
m	medidor
MetilHg ou MeHg	metilmercúrio
tonelada métrica	1000 kg
mg	miligrama (10-3grama)
MSC-E	Centro de Síntetização Meteorológica-Leste (associada à Convenção LRTAP)
RSU	resíduos sólidos urbanos
MW	Megawatt
CRU	Combustor de resíduos urbanos
IRSS	Incinerador de Resíduos de Serviços de Saúde
NEMA	Associação Nacional de Fabricantes de Produtos Elétricos (nos EUA)
ng	nanograma (10-9grama)
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
ppb	partes por bilhão
ppm	partes por milhão
MP	Material Particulado; matéria particulada
LP	Lavador de partículas; equipamento projetado para reduzir as emissões de partículas provenientes de gases de combustão

RSC	Redução seletiva catalítica; equipamento projetado para reduzir as emissões de certos poluentes provenientes de gases de combustão
SA	Secador por atomização
ASA	Adsorção com sistema de secagem por atomização
Escória	resíduos produzidos quando o carvão é escavado da terra, ou uma substância produzida através da mistura de produtos químicos com metal que foi aquecido até se tornar líquido, a fim de remover substâncias indesejadas
RSNC	Redução seletiva não catalítica; equipamento projetado para reduzir as emissões de certos poluentes provenientes de gases de combustão
t ou tonelada	tonelada métrica = 1000 kg
UN	Nações Unidas
UNEP	Programa Ambiental das Nações Unidas
EUA	Estados Unidos da América
US EPA	Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos da América
DGC(vu)	dessulfurização úmida de gases de combustão; processo/equipamento destinado principalmente a minimizar as emissões de enxofre provenientes de gases de combustão
OMS	Organização Mundial da Saúde

8 Anexos técnicos

8.1 Códigos aduaneiros do Sistema Harmonizado de Designação e Codificação de Mercadorias (HS) relacionados ao mercúrio

As listas a seguir desenvolvidas pela UNITAR para o Toolkit mostram os códigos aduaneiros do Sistema Harmonizado para produtos que podem ser relevantes para os inventários de mercúrio. As listas são organizadas de acordo com as categorias de fontes no Inventário Nível 2 do Toolkit (o nível apresentado neste relatório).

Referências do Toolkit

5.1 Extração e utilização de combustíveis/fontes de energia

5.1.1 Combustão de carvão em grandes usinas de energia elétrica

Outros usos do carvão

Óleos minerais - extração, refino e utilização

Gás natural - extração, refino e utilização

Outros combustíveis fósseis - extração e utilização

27	CAPÍTULO 27 - COMBUSTÍVEIS MINERAIS, ÓLEOS MINERAIS E PRODUTOS DA SUA DESTILAÇÃO; SUBSTÂNCIAS BETUMINOSAS; CERAS MINERAIS
2701	Carvão; briquetes, bolas em aglomerados e combustíveis sólidos semelhantes obtidos a partir da hulha
2701 11	Antracita
2701 11 10	Com um limite de matérias voláteis (em base seca, livre de matéria mineral) não superior a 10 %
2701 11 90	Outros
2701 12	Carvão betuminoso
2701 12 10	Carvão de coque
2701 12 90	Outros
2701 19 00	Outros carvões
2701 20 00	Briquetes, bolas em aglomerados e combustíveis sólidos semelhantes obtidos a partir da hulha
2702	Linhitas, mesmo aglomeradas, exceto azeviche
2702 10 00	Linhitas, mesmo em pó, mas não aglomeradas
2702 20 00	Linhitas aglomeradas
2703 00 00	Turfa (incluindo turfa para cama de animais), mesmo aglomerada
2704 00	Coques e semi-coques de hulha, de linhita ou de turfa, mesmo aglomerados; carvão de retorta
2704 00 11	Para a fabricação de eletrodos

27	CAPÍTULO 27 - COMBUSTÍVEIS MINERAIS, ÓLEOS MINERAIS E PRODUTOS DA SUA DESTILAÇÃO; SUBSTÂNCIAS BETUMINOSAS; CERAS MINERAIS
2704 00 19	Outros
2704 00 90	Outros
2705 00 00	Gás de carvão, gás de água, gás pobre (gás de ar) e gases semelhantes, exceto gases de petróleo e outros hidrocarbonetos gasosos
2706 00 00	Alcatrões de hulha, de linhita ou de turfa e outros alcatrões minerais, mesmo desidratados ou parcialmente destilados, incluídos os alcatrões reconstituídos
2707	Óleos e outros produtos provenientes da destilação dos alcatrões de hulha a alta temperatura; produtos análogos em que os constituintes aromáticos predominem, em peso, relativamente aos constituintes não aromáticos
2707 10	Benzol (benzeno)
2707 10 10	Para utilização como combustível para geração de eletricidade ou calor
2707 10 90	Para outros fins
2707 20	Tolueno (tolueno)
2707 20 10	Para utilização como combustível para geração de eletricidade ou calor
2707 20 90	Para outros fins
2707 30	Xilol (xilenos)
2707 30 10	Para utilização como combustível para geração de eletricidade ou calor
2707 30 90	Para outros fins
2707 40 00	Naftalina
2707 50	Outras misturas de hidrocarbonetos aromáticos que distilem, incluindo as perdas, uma fração igual ou superior a 65% em volume, a 250° C, segundo o método ASTM D 86
2707 50 10	Para uso como carburante ou combustível
2707 50 90	Para outros fins
2707 91 00	Óleos de creosoto
2707 99	Outros
2707 99 11	Óleos leves em bruto, dos quais 90% ou mais, em volume, distilam a temperaturas de até 200° C
2707 99 19	Outros
2707 99 30	Coberturas sulfuradas
2707 99 50	Produtos básicos
2707 99 70	Antracina
2707 99 80	Fenóis
2707 99 91	Para a fabricação dos produtos na posição 2803
2707 99 99	Outros
2707 99 11	Óleos leves em bruto, dos quais 90% ou mais, em volume, distilam a temperaturas de até 200° C
2707 99 19	Outros
2707 99 30	Coberturas sulfuradas
2707 99 50	Produtos básicos
2707 99 70	Antracina
2707 99 80	Fenóis

27	CAPÍTULO 27 - COMBUSTÍVEIS MINERAIS, ÓLEOS MINERAIS E PRODUTOS DA SUA DESTILAÇÃO; SUBSTÂNCIAS BETUMINOSAS; CERAS MINERAIS
2707 99 91	Para a fabricação dos produtos na posição 2803
2707 99 99	Outros
2708	Breu e coque, obtido de alcatrão de hulha ou de outros alcatrões minerais
2708 10 00	Breu
2708 20 00	Coque de breu
2709 00	Óleos de petróleo ou de minerais betuminosos, crús
2709 00 10	Condensados de gás natural
2709 00 90	Outros
2710	Óleos de petróleo ou de minerais betuminosos, exceto óleos brutos; preparações não especificadas nem compreendidas em outras posições, que contenham, como constituintes básicos, 70% ou mais, em peso, de óleos de petróleo ou de minerais betuminosos; resíduos de óleos
2710 11	Óleos leves e preparações
2710 11 11	Por sofrer um processo específico
2710 11 15	Por sofrer uma transformação química por um processo diferente daqueles definidos para a subposição 2710 11 11
2710 11 21	Aguarrás mineral
2710 11 25	Outros
2710 11 31	Querosene de aviação
2710 11 41	Com octanagem (RON) de menos de 95
2710 11 45	Com octanagem (RON) de 95 ou mais, mas inferior a 98
2710 11 49	Com octanagem (RON) de 98 ou mais
2710 11 51	Com octanagem (RON) de menos de 98
2710 11 59	Com octanagem (RON) de 98 ou mais
2710 11 70	Combustível de aviação do tipo querosene
2710 11 90	Outros óleos leves
2710 19	Outros
2710 19 11	Por sofrer um processo específico
2710 19 15	Por sofrer uma transformação química por um processo diferente daqueles definidos para a subposição 2710 19 11
2710 19 21	Combustível de aviação
2710 19 25	Outros
2710 19 29	Outros
2710 19 31	Por sofrer um processo específico
2710 19 35	Por sofrer uma transformação química por um processo diferente daqueles definidos para a subposição 2710 19 31
2710 19 41	Com um teor de enxofre não superior a 0,05% em peso
2710 19 45	Com um teor de enxofre superior a 0,05% em peso, mas não superior a 0,2% em peso
2710 19 49	Com um teor de enxofre superior a 0,2% em peso
2710 19 51	Por sofrer um processo específico
2710 19 55	Por sofrer uma transformação química por um processo diferente daqueles definidos para a subposição 2710 19 51

27	CAPÍTULO 27 - COMBUSTÍVEIS MINERAIS, ÓLEOS MINERAIS E PRODUTOS DA SUA DESTILAÇÃO; SUBSTÂNCIAS BETUMINOSAS; CERAS MINERAIS
2710 19 61	Com um teor de enxofre não superior a 1% em peso
2710 19 63	Com um teor de enxofre superior a 1% em peso, mas não superior a 2% em peso
2710 19 65	Com um teor dwe enxofre superior a 2% em peso, mas não superior a 2,8% em peso
2710 19 69	Com um teor de enxofre superior a 2,8% em peso
2710 19 71	Por sofrer um processo específico
2710 19 75	Por sofrer uma transformação química por um processo diferente daqueles definidos para a subposição 2710 19 71
2710 19 81	Óleos de motor, óleos de lubrificação de compressor, óleos de lubrificação de turbina
2710 19 83	Líquidos para fins hidráulicos
2710 19 85	Óleos brancos, parafina líquida
2710 19 87	Óleos de engrenagens e óleos de redutores
2710 19 91	Compostos de processamento de metais, óleos de desmoldagem, óleos anti-corrosão
2710 19 93	Óleos para isolamento elétrico
2710 19 99	Outros óleos lubrificantes e outros óleos
2710 91 00	Que contenham difenilas policloradas (PCB), terfenilas policloradas (PCT) ou difenilas polibromadas (PBB)
2710 99 00	Outros
2711	Gás de petróleo e outros hidrocarbonetos gasosos
2711 11 00	Gás natural
2711 12	Propano
2711 12 11	Para utilização como combustível para geração de eletricidade ou calor
2711 12 19	Para outros fins
2711 12 91	Por sofrer um processo específico
2711 12 93	Por sofrer uma transformação química por um processo diferente daqueles definidos para a subposição 2711 12 91
2711 12 94	De pureza superior a 90%, mas abaixo de 99%
2711 12 97	Outros
2711 13	Butanos
2711 13 10	Por sofrer um processo específico
2711 13 30	Por sofrer uma transformação química por um processo diferente daqueles definidos para a subposição 2711 13 10
2711 13 91	De pureza superior a 90% mas abaixo de 95%
2711 13 97	Outros
2711 14 00	Etileno, propileno, butileno e butadieno
2711 19 00	Outros
2711 21 00	Gás natural
2711 29 00	Outros
2712	Vaselina; parafina, cera de petróleo microcristalina, slack wax, ozocerite, cera de linhita, cera de turfa, outras ceras minerais e produtos semelhantes obtidos por síntese ou por outros processos, mesmo corados
2712 10	Vaselina
2712 10 10	Bruto
2712 10 90	Outros

27	CAPÍTULO 27 - COMBUSTÍVEIS MINERAIS, ÓLEOS MINERAIS E PRODUTOS DA SUA DESTILAÇÃO; SUBSTÂNCIAS BETUMINOSAS; CERAS MINERAIS
2712 20	Parafina que contenha, em peso, menos de 0,75% de óleo
2712 20 10	Cera de parafina sintética com peso molecular de 460 ou mais, mas não superior a 1560
2712 20 90	Outros
2712 90	Outros
2712 90 11	Bruto
2712 90 19	Outros
2712 90 31	Por sofrer um processo específico
2712 90 33	Por sofrer uma transformação química por um processo diferente daqueles definidos para a subposição 2712 90 31
2712 90 39	Para outros fins
2712 90 91	Mistura de 1-alcenos contendo, em peso, 80% ou mais de 1-alcenos de cadeia de um comprimento de 24 átomos de carbono ou mais, mas não superior a 28 átomos de carbono
2712 90 99	Outros
2713	Coque de petróleo, betume de petróleo e outros resíduos de óleos de petróleo ou de óleos obtidos a partir de minerais betuminosos
2713 11 00	Não calcinado
2713 12 00	Calcinado
2713 20 00	Betume de petróleo
2713 90	Outros resíduos de óleos de petróleo ou de óleos obtidos a partir de minerais betuminosos
2713 90 10	Para a fabricação dos produtos na posição 2803
2713 90 90	Outros
2714	Betumes e asfaltos, naturais; xistos e areias betuminosos; asfaltites e rochas asfálticas
2714 10 00	Xistos e areias betuminosos
2714 90 00	Outros
2715 00 00	Misturas betuminosas à base de asfalto ou de betume naturais, de betume de petróleo, de alcatrão mineral ou de breu de alcatrão mineral (por exemplo, mástiques betuminosos e cut- backs)
2716 00 00	Energia elétrica

Referências do Toolkit

5.3 Produção de outros minerais e materiais contendo impurezas de mercúrio

5.3.1 Produção de cimento

5.3.2 Produção de celulose e papel

Código aduaneiro	DESIGNAÇÃO
2521 00 00	Castina; calcário e outras pedras calcárias utilizadas na fabricação de cal ou cimento
2523	Cimentos Portland, cimentos aluminosos, cimentos de alto-forno, cimentos superfosfatados e cimentos hidráulicos semelhantes, mesmo corados ou sob a forma de clinkers
2523 10 00	Cimentos denominados clinkers
	Cimentos Portland
2523 21 00	Cimentos brancos, mesmo corados artificialmente
2523 30 00	Cimentos aluminosos
2523 90	Outros cimentos hidráulicos
2523 90 10	Cimento de alto-forno
3214	Massa de vidraceiro, enxerto de vidraceiro, cimentos de resina, compostos de calafetagem e outros mástiques; preparações não refratárias para superfície de fachadas, paredes interiores, pisos, tetos ou semelhantes
3214 10	Massa de vidraceiro, enxerto de vidraceiro, cimentos de resina, compostos de calafetagem e outros mástiques; preparações para superfícies restaurações
3214 10 10	Massa de vidraceiro, enxerto de vidraceiro, cimentos de resina, compostos de calafetagem e outros mástiques
3816 00 00	Cimentos, argamassas, concretos e composições semelhantes, exceto os produtos na posição 3801

Mercúrio metálico

2805 40 10	Mercúrio em frascos com conteúdo líquido de 34,5 kg "peso padrão", e valor FOB por frasco de <= € 224
2805 40 90	Mercúrio (exc. em frascos de conteúdo líquido de "peso padrão" 34,5 kg e valor FOB por frasco de <= € 224)
2843 90 10	Amálgamas de metais preciosos
2852 00 00	Compostos, inorgânicos ou orgânicos, de mercúrio (exc. amálgamas)
2853 00 90	Compostos inorgânicos, n.e.s.; amálgamas (exc. de metais preciosos)

Referências do Toolkit

5.5 Produtos de consumo com uso intencional de mercúrio

5.5.4 Baterias com mercúrio

Os artigos que não contêm mercúrio (mencionados na tarifa aduaneira) devem ser analisados.

8506 10 11	Pilhas e baterias de dióxido de manganês, alcalinas, sob a forma de células cilíndricas (exc. gastas)
8506 10 15	Pilhas baterias de dióxido de manganês, alcalinas, sob a forma de pilhas-botão (exc. gastas)
8506 10 19	Pilhas e baterias de dióxido de manganês, alcalinas (exc. gastas, e sob a forma de células cilíndricas e pilhas-botão)

8506 10 91	Pilhas e baterias de dióxido de manganês, não alcalinas, sob a forma de células cilíndricas (exc. gastas)
8506 10 95	Pilhas e baterias de dióxido de manganês, não alcalinas, sob a forma de pilhas-botão (exc. gastas)
8506 10 99	Pilhas e baterias de dióxido de manganês, não alcalinas (exc. gastas, e na forma de células cilíndricas ou pilhas-botão)
8506 30 10	Pilhas e baterias de óxido de mercúrio, sob a forma de células cilíndricas (exc. gastas)
8506 30 30	Pilhas e baterias de óxido de mercúrio, sob a forma de pilhas-botão (exc. gastas)
8506 30 90	Pilhas e baterias de óxido de mercúrio (exc. gastas, e sob a forma de células cilíndricas ou botão)
8506 40 10	Pilhas e baterias de óxido de prata, sob a forma de células cilíndricas (exc. gastas)
8506 40 30	Pilhas e baterias de óxido de prata, sob a forma de pilhas-botão (exc. gastas)
8506 40 90	Pilhas e baterias de óxido de prata (exc. gastas, e sob a forma de células cilíndricas ou botão)
8506 50 10	Pilhas e baterias de lítio, sob a forma de células cilíndricas (exc. gastas)
8506 50 30	Pilhas e baterias de lítio, sob a forma de pilhas-botão (exc. gastas)
8506 50 90	Pilhas e baterias de lítio (exc. gastas, e sob a forma de células cilíndricas ou botão)
8506 60 10	Pilhas e baterias de ar-zinco, sob a forma de células cilíndricas (exc. gastas)
8506 60 30	Pilhas e baterias de ar-zinco, sob a forma de pilhas-botão (exc. gastas)
8506 60 90	Pilhas e baterias de ar-zinco (exc. gastas, e sob a forma de células cilíndricas ou botão)
8506 80 05	Pilhas e baterias de zinco-carbono seco de voltagem > = 5,5 V mas <= 6,5 V (exc. gastas)
8506 90 00	Partes de pilhas primárias e baterias primárias, n.e.s.

Referências do Toolkit

5.5 Produtos de consumo com uso intencional de mercúrio

5.5.3 Fontes de luz com mercúrio

8539 31 10	Lâmpadas de descarga, fluorescentes, de cátodo quente, com duplo casquilho
8539 31 90	Lâmpadas de descarga, fluorescentes, de cátodo quente (exc. com duplo casquilho)
8539 32 10	Lâmpadas de vapor de mercúrio
8539 39 00	Lâmpadas de descarga (exc. lâmpadas fluorescentes de cátodo quente, lâmpadas de vapor de mercúrio ou de sódio, lâmpadas de iodeto metálico e lâmpadas de raios ultravioleta)
8539 49 10	Lâmpadas de raios ultravioleta
8539 49 30	Lâmpadas raios infravermelhos

Referências do Toolkit

5.5 Produtos de consumo com uso intencional de mercúrio

5.5.1 Termômetros com mercúrio

5.5.2 Interruptores elétricos e relés com mercúrio

9025 11 20	Termômetros de uso clínico ou veterinário, de líquido, para leitura direta
9025 11 80	Termômetros, de líquido, para leitura direta, não combinados com outros instrumentos (exc. termômetros de uso clínico ou veterinário)
9025 19 20	Termômetros e pirômetros, não combinados com outros instrumentos, eletrônicos
9025 19 80	Termômetros e pirômetros, não combinados com outros instrumentos, não eletrônicos (exc. termômetros de líquido para leitura direta)
9025 80 20	Barômetros, não combinados com outros instrumentos

9025 80 40	Hidrômetros, areômetros e instrumentos flutuantes semelhantes, higrômetros e psicrômetros, mesmo combinados entre si ou com termômetros ou barômetros, eletrônicos
9025 80 40	Hidrômetros, areômetros e instrumentos flutuantes semelhantes, higrômetros e psicrômetros, mesmo combinados entre si ou com termômetros ou barômetros, eletrônicos
9025 80 80	Hidrômetros, areômetros e instrumentos flutuantes semelhantes, higrômetros e psicrômetros, mesmo combinados entre si ou com termômetros ou barômetros, não eletrônicos
9025 80 80	Hidrômetros, areômetros e instrumentos flutuantes semelhantes, higrômetros e psicrômetros, mesmo combinados entre si ou com termômetros ou barômetros, não eletrônicos
9026 20 40	Medidores de pressão, tipo diafragma, em espiral ou metal
9026 20 80	Instrumentos e aparelhos para medida ou controle da pressão de líquidos ou gases, não-eletrônicos (exc. medidores de pressão, tipo diafragma, em espiral ou metal, e reguladores)
9027 30 00	Espectrômetros, espectrofotômetros e espectrógrafos que utilizem radiações ópticas, tais como UV, visível, infravermelho
9027 50 00	Instrumentos e aparelhos para análises físicas ou químicas que utilizem radiações UV, visível ou infravermelho (exc. espectrômetros, espectrofotômetros, espectrógrafos e aparelho de análise de gás ou fumaça)
9032 10 20	Termostatos eletrônicos
9032 10 81	Termostatos não eletrônicos, com regulação ou controle automático, com dispositivo de acionamento elétrico
9032 10 81	Termostatos não eletrônicos, com regulação ou controle automático, com dispositivo de disparo elétrico
9032 10 89	Termostatos não eletrônicos, sem dispositivo de disparo elétrico
9032 20 00	Manostatos (exc. torneiras e válvulas na posição 8481)
9032 89 00	Instrumentos e aparelhos de regulação ou controle (exc. hidráulicos ou pneumáticos, manostatos, termostatos, e torneiras e válvulas na posição 8481)
9032 89 00	Instrumentos e aparelhos de regulação ou controle (exc. hidráulicos ou pneumáticos, manostatos, termostatos, e torneiras e válvulas na posição 8481)

8.2 Números CAS para substâncias de mercúrio

1325. A lista a seguir desenvolvida pelo UNITAR para o Toolkit apresenta substâncias químicas que contêm mercúrio e seus números CAS. Note-se que podem existir outras substâncias que contêm mercúrio.

CAS.	Nome Químico	Categoria da Substância
10045-94-0	Ácido nítrico, sal de mercúrio (2++)	Inorgânico
10112-91-1	Cloreto de mercúrio (Hg_2Cl_2)	Inorgânico
10415-75-5	Ácido nítrico, sal de mercúrio (1++)	Inorgânico
104923-33-3	Cloreto mercuroso	Inorgânico
12068-90-5	Telureto de mercúrio (HgTe)	Inorgânico
1344-48-5	Sulfeto de mercúrio (HgS)	Inorgânico
15829-53-5	Óxido de mercúrio (Hg_2O)	Inorgânico
19122-79-3	Mercúrio sulfeto vermelho	Inorgânico
21908-53-2	Óxido de mercúrio (HgO)	Inorgânico
29870-72-2	Cádmio mercúrio telureto ((Cd, Hg) Te)	Inorgânico
592-85-8	Ácido tiociânico, sal de mercúrio (2++)	Inorgânico
7439-97-6	Mercúrio	Inorgânico
7487-94-7	Cloreto de mercúrio ($HgCl_2$)	Inorgânico
7546-30-7	Cloreto de mercúrio (HgCl)	Inorgânico
7774-29-0	Iodeto de mercúrio (HgI_2)	Inorgânico
7783-33-7	Mercurato (2-), tetraiodo-, dipotássio, (T-4)-	Inorgânico
7783-35-9	Ácido sulfúrico, sal de mercúrio (2++) (1: 1)	Inorgânico
7783-36-0	Ácido sulfúrico, sal de dimercúrio (1++)	Inorgânico
7789-47-1	Brometo de mercúrio ($HgBr_2$)	Inorgânico
1600-27-7	Ácido acético, sal de mercúrio (2++)	sal metálico orgânico
27685-51-4	Cobaltato (2-), tetraquis (tiocianato-N) -, mercúrio (2++) (1: 1), (T-4)-	Sal metálico orgânico
62638-02-2	Ácido ciclohexanobutanoico, sal de mercúrio (2++)	Sal metálico orgânico

63325-16-6	Mercúrio, diiodobis (5-iodo-2-piridinamina) -, dihydriodida	Sal metálico orgânico
103-27-5	Mercúrio, fenil (-propanoato O)-	Organometálico
104-60-9	Mercúrio, (9-octadecenoato-O) fenil-, (Z)-	Organometálico
129-16-8	Mercúrio, (2 ', 7'-dibromo-3', 6'-dihidroxi-3-oxoespiro [isobenzof urano-1 (3H), 9'-[9H] xanten] -4'-il) hidroxi, sal dissódico	Organometálico
138-85-2	Mercurato (1-), (4-carboxylatophenyl) hidroxi-, de sódio	Organometálico
24806-32-4	Mercúrio, [μ- [dodecylbutanedioato (2 -) - O: O ']] difenildi-	Organometálico
26545-49-3	Mercúrio, (neodecanoato-O) fenil-	Organometálico
	Mercúrio, [2,5-dicloro-3,6-di- hidroxi-2,5-ciclo-hexadieno-1,4-dionato (2-)-	
33770-60-4	O1, O6]-	Organometálico
54-64-8	Mercurato (1-), etil [2-mercaptobenzoato (2 -) - O, S] -, sódio	Organometálico
5954-14-3	Mercúrio, (acetato-O) [3- (clorometoxi) propil-C, O]-	Organometálico
62-38-4	Mercúrio, (acetato-O) fenil-	Organometálico
94070-93-6	Mercúrio, [μ - [(oxidi-2,1-etanodiilo 1,2-benzenedicarboxylato) (2 -)]] difenil-	Organometálico
91082-69-8	Terebintina, Veneza, sulfurada, produtos de reação com hidrogénio tetracloroaurato (1-) óleo de terebintina sulfurado e nitrato de mercúrio, misturado com óxido de mercúrio	UVCB-biológico
1345-09-1	Sulfeto de cádmio mercúrio	UVCB-inorgânico
152923-45-0	Limos e lamas, conc. de mercúrio (roasting off) condensado de gás	UVCB-inorgânico

8.3 Concentrações de mercúrio em esfalerita em concentrados e minérios para extração de zinco

1326. Com referência à Seção 5.2.3, sobre a extração e o processamento inicial do zinco, são apresentados a seguir dados sobre as concentrações de mercúrio em esfalerita (Hgsp) em concentrados e minérios para a extração de zinco (SCHWARTZ, 1997).

CONCENTRAÇÕES DE MERCÚRIO EM ESFALERITA (HGSP) EM CONCENTRADOS E MINÉRIOS PARA A EXTRAÇÃO DE ZINCO (SCHWARTZ, 1997)

País	Número de depósitos	Nome do depósito (distrito)	Média de concent. Hgsp, ppm *1	Material analisado *2	Número de amostras	Referências para análises e classificação do depósito	Referências adicionais para classificação do depósito
DEPÓSITOS ARCHEAN VOLCEX (ATÉ FÁCEIS (??) XISTO VERDE)							
Canadá	19	Cdn.-Jamieson, Coniagas, Delbridge, Hacket R.,	37	M	66	Jonasson and Sangster (1975)	Pye (1964), Wright (1967), Franklin et al. (1981), Laznika (1981), Sangster (1986)
		High L., Indian Mountain L., Kam-Kotia, Kidd					
		Creek, Lac Dufault, Manitou-Barvue, Mattabi,					
		Mattagami L., N. Slave, Orchan, Poirier, South					
		Bay, Spi L., Sturgeon L., Zenmac					
Canadá	1		123	C	1	(confidencial)	
DEPÓSITOS VOLCEX ARQUEANO (ANFIBOLITO)							
Canadá	3	Geco, Normetal, Willecho	10	M	13	Jonasson and Sangster (1975)	Franklin et al. (1981)
DEPÓSITOS PROTEROZÓICO VOLCEX (ATÉ FÁCIES XISTO VERDE)							
Canadá	4	Errington, Flin Flon, Ruttan L., Schist L.	95	M	10	Jonasson and Sangster (1975)	CIM (1957), Franklin et al. (1981),
							Laznicka (1981)
Suécia	11	Boliden, Kristineberg, Langdal, Langsele,	998	C	11	Widenfalk (1979)	
		Näsliden, Rävliden ABC, Rävliden Cu,					
		Ravlidmyran, Renström, Sturemalmen, Udden					
DEPÓSITOS PROTEROZÓICO VOLCEX (ANFIBOLITO)							
Canadá	9	Cinzel L., Fox L., New Calumet, N. Contactar L.,	97	M	22	Jonasson and Sangster (1975)	Franklin et al. (1981), Laznicka (1981)
		Osborne L., Sherridon, Sulphide L., Tetrault,					
		Western Nuclear					

País	Número de depósitos	Nome do depósito (distrito)	Média de concent. Hgsp, ppm *1	Material analisado *2	Número de amostras	Referências para análises e classificação do depósito	Referências adicionais para classificação do depósito
DEPÓSITOS PROTEROZÓICO VOLCEX (ANFIBOLITO)							
Finlândia	1	Vihanti	550	C	1	Kleinevoss (1971)	Isokangas (1978)
Suécia	1	Rudtjebäcken	582	C	1	Widenfalk (1979)	
DEPÓSITOS PHANEROZOIC VOLCEX (ATÉ FÁCIES XISTO VERDE)							
Austrália	1		50	C	1	(confidencial)	
Austrália	1		4	M	2	(confidencial)	
Austrália	1	Woodlawn	6	M	8	Ryall (1979b)	Laznicka (1981)
Canadá	1		11	C	1	(confidencial)	
Canadá	11	Big Bull, Brunswick No. 6, 12, Buchans, Heath	35	M	14	Jonasson and Sangster (1975)	CIM (1957), Douglas (1970). Thurlow et al. (1975), Armbrust and Gannicott (1980), Seraphim (1980), Franklin et al. (1981)
		Steele, Key Anacon, Seneca, Sturgeon R.					
		Wedge, Weedon, Western					
Japão	1	Shakanai	14	M	12	Nishiyama (1974)	
Japão	3	Furutobe, Hanaoka, Uchinotai	29	M	6	Ozerova (1986)	Ozerova et al. (1975)
Cazaquistão	1	Ridder-Sokol'noye	1	M	4	Kovrigo et al. (1976)	
Noruega	4	Bjorkasen, Lokken, Rostvangen Vigsnes	55	M	5	Oftedal (1941)	Rui (1973), Vokes (1976), Bugge (1978)
Rússia	6	Mauk, (Sul dos Urais), Valentina	64	M	15	Ozerova (1986)	Ozerova et al. (1975), Smirnov (1977)
Espanha	1		548	C	1	(confidencial)	
Espanha	1	anta Ana	43	C	1	Marcoux et al. (1996)	
Espanha	1	San Telmo	116	C	1	Marcoux et al. (1996)	
Estados Unidos	4	(East Maine)	17	M	6	Jolly and Heyl (1968)	Bouley and Hodder (1984)
	3	Pacífico Leste, Galápagos Rift, Juan de Fuca	2	C	5	Bischoff et al. (1983)	
DEPÓSITO VOLCEX PHANEROZOIC. (ANFIBOLITO)							
Noruega	1	Hestekletten	30	M	1	Oftedal (1941)	Vokes (1976), Bugge (1978)
Noruega	1	Storvarts	100	M	1	Oftedal (1941)	Vokes (1976), Bugge (1978)

País	Número de depósitos	Nome do depósito (distrito)	Média de concent. Hgsp, ppm *1	Material analisado *2	Número de amostras	Referências para análises e classificação do depósito	Referências adicionais para classificação do depósito
DEPÓSITO VOLCEX PHANEROZOIC. (ANFIBOLITO)							
Noruega	1	Jakobsbakken	42	M	1	Kleinevoss (1971)	Vokes (1976), Bugge (1978)
DEPÓSITOS PROTEROZÓICO SEDEX (AMPHIBOLITE/FÁCIES GRANULITO)							
Austrália	1	Broken Hill	27	M	24	Ryall (1979a)	
Estados Unidos	1	Balmat	1198	M	2	Jonasson and Sangster (1975)	De Loraine and Dill (1982), Sangster (1990)
DEPÓSITOS PHANEROZOIC SEDEX (C)							
Austrália	1	Woodlawn	48	C	1	(confidencial)	Laznicka (1981)
Austrália	1		89	C	1	(confidencial)	
Canadá			109	C	1	(confidencial)	
Canadá		Faro	114	M	2	Jonasson and Sangster (1975)	Tempelman-Kluit (1972), Sangster (1990)
Alemanha	1	Rammelsberg	164	C	8	Kraume (1955)	
Alemanha	1	Meggen	6	C	1	Hilmer (1972)	
DEPÓSITOS PHANEROZOIC SEDEX (ANFIBOLITO)							
Noruega	1	Mofjell	60	C	1	Borsch (1970; citado por Kleinevoss (1971)	Vokes (1976), Sangster (1990)
VEIAS PRÉ-TERCIÁRIAS EM ROCHAS DE BAIXA CARBONATO							
Canadá	20	Arctic Silver, Berens R., Box, (Cobalt) Dorchester, Frontenac Lead, Homer L., (Keno Hill), Keymet, Kingdon Lead, Ramá, Severn R. Smithers, Thubin L., (Thunder Bay) Turnback L.	32	M	46	Jonasson and Sangster (1975)	Alcock (1930), CIM (1957), Douglas (1970), Thorpe (1972), Sangster (1986), Kissin and Sherlock (1989), Beaudoin and Sangster (1992)
República Tcheca.	1	Pribram	65	M	2	Schroll (1953)	Beaudoin and Sangster (1992)
Alemanha	1	Clausthal	283	M	3	Kleinevoss (1971)	Beaudoin and Sangster (1992)
Alemanha	1	Bad Grund	293	M	1	Kleinevoss (1971)	Beaudoin and Sangster (1992)
Alemanha	1	Freiberg	2	C	5	Bischoff et al. (1983)	
Espanha	1	Osor	0,4	M	5	Schwartz (1972)	

País	Número de depósitos	Nome do depósito (distrito)	Média de concent. Hgsp, ppm *1	Material analisado *2	Número de amostras	Referências para análises e classificação do depósito	Referências adicionais para classificação do depósito
Cazaquistão	4	Bezymyannoye Kizyl-bel ', Kok-Tyube, Peraval'noye	86	M	8	Ozerova (1959)	
Ucrânia	1	Nagol'no-Tarasovskoye	6	M	1	Saukov (1946; citado por Dvornikov, 1962)	
Ucrânia	1	Gruzskaya	73	M	1	Dvornikov, 1962)	
Estados Unidos	1	Coeur d'Alene	95	M	14	Fryklund and Fletcher (1956)	
Estados Unidos	5	Armenius, Madison. (Shawangunk), Valzinco, Wheatley	23	M	5	Jolly and Heyl (1968)	Ingham (1940), Luttrell (1966), mith (1977)
VEIAS PRÉ-TERCIÁRIAS EM CALCÁRIO/DOLOMITA							
Canadá	2	Blue Bell, Silver L.	18	M	3	Jonasson and Sangster (1975)	CIM (1957), Franklin and Mitchell, (1977)
Estados Unidos	11	(Central Kentucky), (Central Tennessee vein distrito)	48	M	27	Jolly and Heyl (1968)	Jewell (1947), Jolly and Heyl (1964), Kyle (1976)
Estados Unidos	1	Dove Creek	13	C	1	Maher and Fagan (1970)	Jolly and Heyl (1964)
DEPÓSITOS DE VEIA (E SUBSTITUIÇÃO DE CARBONATO) LIGADOS AO MAGMATISMO TERCIÁRIO							
Bulgária	1	Madžarovo	0,5	M	2	Ozerova (1983)	Breskovska and Tarkian (1993)
Peru	20	Alianza, Atacocha, Áustria Duvaz, Casapalca-Centromin, Casapalca-Gubbins, Cerro de Pasco, Colquirrumi, El Brocal, Huaron, Morococha, Pachapaqui, Perubar, Raura, San Cristobal, Santa Rita, Santander, Uchucchacua, Volcan, Yauli, Yauricocha	31	C	20	Cavanagh and Glover (1991)	Vasquez (1974), Soler (1982, 1986)
Peru	1		31	C	1	(confidencial)	
Peru	1		76	C	1	(confidencial)	
Peru	1		147	C	1	(confidencial)	
Sérvia	1	Trepca	33	M	1	Kleinevoss (1971)	Jankovic (1982)

País	Número de depósitos	Nome do depósito (distrito)	Média de concent. Hgsp, ppm *1	Material analisado *2	Número de amostras	Referências para análises e classificação do depósito	Referências adicionais para classificação do depósito
PROTEROZOIC MVT							
Canadá	3	Long L., Strathcona, Thirty Islands L.	14	M	9	Jonasson and Sangster (1975)	
PHANEROZOIC MVT							
Áustria	1	Lafatsch	1	C	15	Cerny (1989)	
Áustria	1	Bleiberg	2	C	100	Schroll (1983)	Zeeh and Bechstädt (1994)
Canadá	14	Bankeno, Ferndale, Gays R., H.B., Kaladar Road, Kicking Horse, Little Pike Day, Monarch, Newfoundland Zinc, Pine Point, Schoolhouse, Tobermory, Walton, Wiarton	5	M	83	Jonasson and Sangster (1975)	
Alemanha	1	Stolberg	0,2	M	8	Krahn et al. (1986)	
Peru	1	San Vicente	4	C	1	Cavanagh and Glover (1991)	Fontboté and Gorzawski (1990)
Eslovênia	1	Mezica	0,4	M	4	Terzic (1972)	Cerny (1989)
Estados Unidos	20	Almeida, Bamford, (East Tennessee), Friedensville, (Southwest Virgínia), (Timber ville), (Tri-State), (Upper Mississippi Valley)	3	M	29	Jolly and Heyl (1968)	Hoagland (1971), Smith (1977), Sangster (1990)
Estados Unidos	1	Nashville Prospect	0,05	M	1	Jones (1988)	
Estados Unidos	18	(East Tennessee), (Southwest Virgínia)	21	C	19	Maher and Fagan (1970)	
ARENITO DE CHUMBO-ZINCO							
Alemanha	1	Maubach	10	M	1	Kulms (1970)	
DEPÓSITOS NÃO CLASSIFICADOS EM CALCÁRIO/DOLOMITA							
Canadá	1	Prairie Creek	933	M	2	Jonasson and Sangster (1975)	
Alemanha	1	Maubach	10	M	1	Kulms (1970)	

País	Número de depósitos	Nome do depósito (distrito)	Média de concent. Hgsp, ppm *1	Material analisado *2	Número de amostras	Referências para análises e classificação do depósito	Referências adicionais para classificação do depósito
DEPÓSITOS NÃO CLASSIFICADOS EM CALCÁRIO/DOLOMITA							
Irlanda	1	Keel	227	M	113	Watling (1974)	
Itália	1	Gorno	55	M	20	Fruth and Maucher (1966)	
Cazaquistão	1	Achisai	6	M	3	Fursov (1958)	
Espanha	1	Rubiales	2054	M	76	Arias et al. (1992)	
Estados Unidos	3	Linville Falls, Serpent Mount, Smith	102	M	3	Jolly and Heyl (1968)	
Estados Unidos	1	East Fork Cabin Creek	10	C	1	Maher and Fagan (1970)	

Notas: * 1 As concentrações de Hgsp referem-se ao teor de mercúrio da esfalerita (análise mineral) ou teor de mercúrio teórico da esfalerita em minério (ver texto).

* 2 M = análise mineral; C = análise concentrado.

8.4 Concentrações de mercúrio em esfalerita em concentrados e minérios para extração de zinco

1327. Para as subcategorias listadas abaixo, as estimativas padrão de entrada e liberação de mercúrio são baseadas em dados populacionais em combinação com outros indicadores de nível de atividade específicos de cada país:

Subcategoria	Tipos de dados usados como taxas de atividade
Restaurações de amálgama dental ("prata" recheios)	População, densidade de pessoal odontológico
Interruptores elétricos e relés com mercúrio	População, taxa de eletrificação (% da população com acesso a eletricidade)
Poliuretano (PU, PUR) produzido com catalisador de mercúrio	População, taxa de eletrificação (% da população com acesso a eletricidade)
Outros manômetros e medidores de pressão arterial com mercúrio	População, taxa de eletrificação (% da população com acesso a eletricidade)
Produtos químicos de laboratório	População, taxa de eletrificação (% da população com acesso a eletricidade)
Outros equipamento de laboratório com mercúrio	População, taxa de eletrificação (% da população com acesso a eletricidade)

1328. Os dados específicos de cada país para população, densidade de pessoal odontológico e taxa de eletrificação necessários nos cálculos estão listados abaixo, com base nos dados mais recentes disponíveis (em nível agregado) até o outono de 2012. O UNEP/PNUMA pode atualizar esses dados à medida que revisões mais recentes forem disponibilizadas, e conforme a viabilidade. As fontes dos dados estão listadas nas notas das tabelas abaixo. Estes dados são utilizados automaticamente nos cálculos na planilha Inventário Nível 1 e também é sugerido seu uso nos cálculos do Inventário Nível 2, conforme descrito nas seções de subcategorias relevantes no capítulo 5.

8.5 Teste de fatores-padrão de entrada de resíduos e de águas residuais

No Toolkit, os fatores-padrão utilizados para o cálculo das liberações de mercúrio a partir das categorias de manuseio de resíduos são baseados em exemplos de teores de mercúrio em resíduos e águas residuais em outros países para os quais esses dados já estão disponíveis. Este fator pode ser diferente da situação real dos resíduos em seu país, principalmente devido a diferenças no padrão de consumo de produtos com mercúrio adicionado e uso intencional de mercúrio em processos. Os fatores- padrão de entrada utilizadas neste Toolkit para resíduos e águas residuais foram derivados de dados somente de países desenvolvidos. Você pode fazer um teste simples com base em seus resultados do Inventário Nível 1, que indicará se o fator-padrão de entrada para resíduos em geral (municipais) pode superestimar as liberações de mercúrio em seu país.

A soma das ENTRADAS calculadas para todas as subcategorias de resíduos em geral é maior do que 2 vezes a soma das SAÍDAS DE RESÍDUOS provenientes de usos intencionais de mercúrio em produtos mais processos (e estes estão bem cobertos no inventário)? Se a resposta for afirmativa, por favor descreva isso em seu relatório de inventário (com os números da soma) e afirme que os fluxos de mercúrio para as subcategorias de resíduos em geral podem estar superestimados, e que investigações mais detalhadas sobre esta questão podem ser necessárias.

Na planilha IL2 (inalterada) o teste é feito como se segue: Selecione a guia “Nível 2-Resumo”, verifique se as células

(E59 E63 E65 E68) > 2*(J23 Σ (J36 a J53)).

Um teste semelhante deve ser realizado e discutido no relatório para tratamento de águas residuais: A soma das ENTRADAS calculadas para tratamento de águas residuais é mais do que 2 vezes maior do que a soma de SAÍDAS PARA A ÁGUA provenientes de usos intencionais de mercúrio em produtos mais processos (e estes estão bem cobertos no inventário)? Se assim for, por favor, descreva isso em seu relatório de inventário (com os números da soma) e afirme que os fluxos de mercúrio para tratamento de águas residuais podem estar superestimados, e que investigações mais detalhadas sobre esta questão podem ser necessárias.

Na planilha IL2 o teste é feito como se segue: Selecione a guia "Nível 2-Resumo", verifique se a célula

E69 > 2*(G23 Σ (G36 a G53)).

No modelo de relatório de inventário, há uma sugestão pré-inserida de texto que discute essas questões. Se os testes forem negativos, basta apagar o texto de discussão proposto (ver o modelo de relatório).

Estes testes devem ser entendidos como meios de obter alguma evidência de que os fatores-padrão estão superestimados, mas que dão uma indicação disso. Em princípio, os fluxos de mercúrio para resíduos e águas residuais provenientes de outros setores (sem uso intencional de mercúrio) também podem contribuir, mas eles geralmente não contribuiriam para o fluxo geral de resíduos/águas residuais, mas sim para fluxos específicos aos setores.

9 Anexos

9.1 Planilha para facilitar os cálculos de liberações de mercúrio no Inventário Nível 2

1328. Este Toolkit é suplementado por uma planilha Excel separada disponível eletronicamente, destinada a facilitar o cálculo das entradas e saídas das diferentes categorias de fontes. A planilha está disponível on-line no site do toolkit de mercúrio do UNEP Chemicals http://www.unep.org/hazardoussubstances/Mercury/MercuryPublications/GuidanceTrainingMaterialToolkits/MercuryToolkit/tabid/4566/language/en-US/Default.aspx ou pode ser obtida entrando em contato com o UNEP Chemicals no endereço indicado na capa interna deste documento.

1329. A planilha Excel consiste em uma série de planilhas de trabalho individuais - primeiro, uma planilha que apresenta uma visão geral das principais saídas para cada categoria, e, em seguida, nove planilhas individuais que cobrem cada categoria de fonte.

1330. Instruções específicas sobre como usar a planilha estão disponíveis com a própria planilha. É extremamente importante que o usuário leia atentamente os capítulos do Toolkit antes de utilizar a planilha, uma vez que ela não é autoexplicativa e há um claro risco de o usuário cometer erros graves se não se familiarizar com a metodologia utilizada e não ler atentamente e compreender os princípios propostos e os dados. Além disso, antes de trabalhar com uma subcategoria de fonte individual na planilha, é preciso estudar a seção do Toolkit que descreve a categoria de fonte.

1331. O Capítulo 5, que fornece descrições detalhadas das várias categorias de fontes potenciais de liberações de mercúrio, sugere fatores-padrão de entrada e saída para uma série de subcategorias para uso nos casos em que dados específicos da fonte não estão disponíveis. Fórmulas de cálculo padrão foram inseridas na planilha Excel para subcategorias em que tais fatores-padrão são sugeridos. Onde são sugeridos faixas padrão, o fator padrão máximo é utilizado na fórmula de cálculo. Como já destacado no Toolkit, fatores de entrada e saída nacionais ou locais bem documentados devem ser sempre preferidos, se disponíveis. Se este for o caso, os fatores de entrada e saída nas planilhas devem ser alterados manualmente. Além disso, quando não há fatores-padrão sugeridos, o usuário deve inserir os dados apropriados e a fórmula de cálculo aplicável para as condições específicas em questão.

1332. O objetivo principal do uso desses fatores-padrão é a obtenção de uma primeira impressão sobre se a subcategoria é uma fonte de liberação de mercúrio significativa no país. Normalmente as estimativas de liberação têm que ser mais elaboradas (após o cálculo com os fatores-padrão) antes que qualquer ação de longo alcance seja adotada com base nas estimativas de liberação.

1333. A planilha geral, acompanhada das planilhas individuais de categorias de fontes, não é reproduzida no Toolkit. No entanto, para fins ilustrativos, a Tabela 9-1 e a Tabela 9-2 mostram dois exemplos de planilhas individuais para categorias de fontes 5.1 Extração e utilização de combustíveis/fontes de energia e 5.5 Produtos de consumo com uso intencional de mercúrio. Ver a planilha atualizada do Inventário Nível 2 em http://www.unep.org/hazardoussubstances/Mercury/MercuryPublications/GuidanceTrainingMaterialT oolkits/MercuryToolkit/tabid/4566/language/en-US/Default.aspx.

1334. Após o preenchimento das nove planilhas Excel para as diferentes categorias de fontes, uma tabela de resumo é gerada automaticamente para mostrar o total de liberações de todas as categorias. Um exemplo de uma tabela de resumo é apresentado na Tabela 9-3 abaixo, extraída do Inventário de Liberações de Mercúrio no Ártico ACAP (ACAP, 2005). Nota - a tabela no exemplo foi adaptada para as condições dinamarqueses, e é desenhada de forma ligeiramente diferente da tabela da planilha, e as categorias de fontes não são totalmente idênticas.

País	Número de habitantes 2010 *3	Taxa de eletrificação *2	Pessoal odontológico por 1000 habitantes ((ajustado) *1	Pessoal odontológico por 1000 habitantes (dados originais da OMS)	Ano para dados da equipe odontológica *1
Padrão se nenhum país for selecionado (neutraliza efeito país					
Afeganistão	24.485.600	16	0,0285	0,0285	2001
Albânia*8	3.194.417	100	0,4452	0,4452	1998
Argélia	35.978.000	99	0,3055	0,3055	2002
Andorra*7	84.549	100	0,6667	0,6667	2003
Angola	10.609.000	26	0,0169	0,0002	1997
Antígua e Barbuda*8	90.801	100	0,1884	0,1884	1997
Argentina	40.518.951	97	0,7994	0,7994	1998
Armênia	3.256.066	100	0,2620	0,2620	2003
Austrália*8	22.299.775	100	1,1005	1,1005	2001
Áustria	8.387.742	100	0,4974	0,4974	2003
Azerbaidjão*8	9.054.300	100	0,2714	0,2714	2003
Bahamas*8	353.658	100	0,0709	0,0709	1998
Bahrein	1.234.571	99	0,4628	0,4628	2004
Bangladesh	148.620.000	41	0,0170	0,0170	2004
Barbados*8	276.302	100	0,2360	0,2360	1999
Bielorrússia*9	9.480.686	78	0,4361	0,4361	2003
Bélgica	10.879.155	100	0,8083	0,8083	2002
Belize*8	312.698	85	0,1333	0,1333	2000
Benin	8.778.648	25	0,0169	0,0017	2004
Butão*6	695.823	72	0,0249	0,0249	2004
Bolívia	10.426.154	78	0,7071	0,7071	2001
Bósnia e Herzegovina*6	3.843.126	99	0,1658	0,1658	2003
Botsuana	1.822.859	45	0,0212	0,0212	2004
Brasil	193.252.604	98	1,1086	1,1086	2000
Brunei Darussalam	406.200	100	0,1437	0,1437	2000
Bulgária*8	7.534.289	99	0,8199	0,8199	2003
Burkina Faso	15.730.977	15	0,0169	0,0043	2004
Burundi*6	14.302.779	4	0,0169	0,0020	2004
Camboja	19.406.100	24	0,0169	0,0159	2000
Camarão	34.126.181	49	0,0169	0,0090	2004
Canadá *9	517.831	97	0,5868	0,5868	2003

País	Número de habitantes 2010 *3	Taxa de eletrificação *2	Pessoal odontológico por 1000 habitantes ((ajustado) *1	Pessoal odontológico por 1000 habitantes (dados originais da OMS)	Ano para dados da equipe odontológica *1
Cabo Verde*6	517.831	67	0,0233	0,0233	2004
República Centro Africana*6	3.151.072	6	0,0169	0,0033	2004
Chad*6	8.322.124	4	0,0169	0,0017	2004
Chile	17.094.275	99	0,4271	0,4271	2003
China	1.339.724.852	99	0,1056	0,1056	2001
Taipé Chinesa/ Taiwan*10	23.113.901	99	0,4078	0,4078	
Colômbia	45.508.205	94	0,7800	0,7800	2002
Comores*6	575.660	45	0,0367	0,0367	2004
Ilhas Cook*8	23.200	99	0,5556	0,5556	2001
Costa Rica	4.562.087	99	0,4849	0,4849	2000
Côte d'Ivoire	20.807.216	47	0,0201	0,0201	2004
Croácia*8	4.425.747	99	0,6967	0,6967	2003
Cuba	11.241.894	97	0,8731	0,8731	2002
Chipre*9	803.791	100	0,8166	0,8166	2002
República Checa*8	10.517.247	99	0,6582	0,6582	2003
República Popular Democrática da Coreia	24.052.231	26	0,3669	0,3669	2003
República Democrática do Congo	36.671.512	11	0,0169	0,0029	2004
Dinamarca	5.545.039	100	0,8292	0,8292	2002
Djibouti*6	818.159	62	0,0169	0,0140	2004
Dominica*6	72.030	88	0,0526	0,0526	1997
República Dominicana	9.884.371	96	0,8380	0,8380	2000
Equador	15.004.674	92	0,1660	0,1660	2000
Egito	78.684.622	100	0,1351	0,1351	2004
El Salvador	6.183.002	86	0,5401	0,5401	2002
Guiné Equatorial*11	1.014.999	34	0,0296	0,0296	2004
Eritreia	3.164.500	32	0,0169	0,0037	2004
Estônia*8	1.340.160	99	1,2780	1,2780	2000
Etiópia*8*13	73.750.932	41	0,0169	0,0028	
Fiji	857.000	87	0,0398	0,0398	1999
Finlândia	5.375.276	100	1,2842	1,2842	2002
França	62.967.680	100	0,6768	0,6768	2004

País	Número de habitantes 2010 *3	Taxa de eletrificação *2	Pessoal odontológico por 1000 habitantes ((ajustado) *1	Pessoal odontológico por 1000 habitantes (dados originais da OMS)	Ano para dados da equipe odontológica *1
Gabão	1.312.500	37	0,0489	0,0489	2004
Gambia*6	1.436.000	34	0,0302	0,0302	2003
Geórgia*6	4.452.800	100	0,2805	0,2805	2003
Alemanha	81.757.471	100	0,7834	0,7834	2003
Gana	24.223.431	61	0,0184	0,0184	2004
Grécia	11.315.510	100	1,1322	1,1322	2001
Grenada*8	109.480	100	0,0854	0,0854	1997
Guatemala	14.361.666	81	0,1840	0,1840	1999
Guiné*6	10.537.234	20	0,0169	0,0169	2004
Guiné-Bissau*6	1.558.090	54	0,0169	0,0169	2004
Guiana*6	778.100	78	0,0395	0,0395	2000
Haiti	10.085.214	39	0,0169	0,0169	1998
Honduras	8.045.990	70	0,2123	0,2123	2000
Hungria*8	10.000.023	99	0,5431	0,5431	2003
Islândia	318.006	100	1,0035	1,0035	2000
Índia	1.182.105.000	75	0,0568	0,0568	2004
Indonésia	237.641.326	65	0,0314	0,0314	2003
Irã, República Islâmica do	74.339.576	98	0,0944	0,0944	2004
Iraque	32.105.000	86	0,4443	0,4443	2004
Irlanda	4.470.700	100	0,5594	0,5594	2004
Israel	7.623.561	100	1,1674	1,1674	2003
Itália	60.483.386	100	0,5755	0,5755	2004
Jamaica	2.702.314	92	0,0800	0,0800	2003
Japão*8	128.070.000	100	0,7100	0,7100	2002
Jordânia	6.113.000	100	1,2950	1,2950	2004
Cazaquistão*9	16.338.700	73	0,3379	0,3379	2003
Quênia	40.400.000	16	0,0413	0,0413	2004
Kiribati*12	92.533	95	0,0494	0,0494	1998
Kuwait	2.672.926	100	0,2860	0,2860	2001
Quirguistão	5.192.806	100	0,1931	0,1931	2003
República Democrática Popular do Laos	6.256.197	55	0,0408	0,0408	1996
Letônia*8	2.239.008	98	0,5579	0,5579	2003
Líbano	3.755.034	100	1,2109	1,2109	2001
Lesoto	1.891.830	16	0,0169	0,0169	2003
Libéria*6	3.476.608	2	0,0169	0,0169	2004

País	Número de habitantes 2010 *3	Taxa de eletrificação *2	Pessoal odontológico por 1000 habitantes ((ajustado) *1	Pessoal odontológico por 1000 habitantes (dados originais da OMS)	Ano para dados da equipe odontológica *1
Líbia	5.484.426	100	0,1403	0,1403	1997
Lituânia*8	3.286.820	99	0,6887	0,6887	2003
Luxemburgo	506.953	100	0,7130	0,7130	2003
Madagáscar	20.142.015	19	0,0229	0,0229	2004
Malaui*14	14.553.011	9	0,0169	0,0083	
Malásia	28.250.458	99	0,0932	0,0932	2000
Maldivas*6	319.738	100	0,0427	0,0427	2004
Mali*6	14.517.176	17	0,0169	0,0063	2004
Malta	415.995	100	0,4239	0,4239	2003
Ilhas Marshall*8	54.305	69	0,0784	0,0784	2000
Mauritânia*8	3.340.627	19	0,0215	0,0215	2004
Maurícia	1.280.924	99	0,1890	0,1890	2004
México*8	112.336.538	97	0,7913	0,7913	2000
Micronésia, Estados Federados da*8	107.839	95	0,1308	0,1308	2000
Mônaco	31.109	100	1,0625	1,0625	1995
Mong	2.758.269	88	0,1317	0,1317	2002
Montenegro*5	633.000	100	0,3599	0,3599	2002
Marrocos	31.894.000	97	0,0995	0,0995	2004
Moçambique	21.854.387	12	0,0169	0,0083	2004
Myanmar	59.130.000	13	0,0279	0,0279	2004
Namíbia	2.103.761	34	0,0562	0,0562	2004
Nauru*8*12	10.065	100	0,1308	0,1308	
Nepal	28.043.744	44	0,0169	0,0140	2004
Países Baixos	16.615.394	100	0,4805	0,4805	2003
Nova Zelândia*8	4.367.800	87	0,6779	0,6779	2001
Nicarágua	5.815.524	72	0,0445	0,0445	2003
Níger*8	15.203.822	9	0,0169	0,0012	2004
Nigéria	133.767.000	51	0,0200	0,0200	2003
Niue*8	1.496	97	1,0000	1,0000	1996
Noruega	4.889.252	100	0,8235	0,8235	2003
Omã	2.773.479	98	0,1853	0,1853	2004

País	Número de habitantes 2010 *3	Taxa de eletrificação *2	Pessoal odontológico por 1000 habitantes ((ajustado) *1	Pessoal odontológico por 1000 habitantes (dados originais da OMS)	Ano para dados da equipe odontológica *1
Paquistão	165.150.000	62	0,0500	0,0500	2004
Palau*8	21.388	97	0,1111	0,1111	1998
Panamá	3.504.483	88	0,7563	0,7563	2000
Papua Nova Guiné*6	5.461.940	11	0,0169	0,0169	2000
Paraguai	6.451.120	97	0,5544	0,5544	2002
Peru	29.461.933	86	0,1100	0,1100	1999
Filipinas	94.013.200	90	0,1131	0,1131	2000
Polônia*8	38.186.860	100	0,2968	0,2968	2003
Portugal	10.637.346	100	0,5477	0,5477	2003
Catar	1.715.010	99	0,3723	0,3723	2001
República da Coreia*8	49.879.811	100	0,3361	0,3361	2003
República da Moldávia*6	3.562.045	99	0,3288	0,3288	2003
República do Congo	3.751.781	37	0,0169	0,0031	2004
Romênia	21.431.298	99	0,2202	0,2202	2003
Federação Russa*8	142.905.208	93	0,3209	0,3209	2003
Ruanda*6	10.412.820	6	0,0169	0,0025	2004
São Cristóvão e Nevis	38.958	95	0,1860	0,1860	1997
Santa Lúcia	173.720	98	0,0621	0,0621	1999
São Vicente e Granadinas *6	99.086	67	0,0517	0,0517	1997
Samoa	184.032	93	0,1754	0,1754	1999
San Marino*9	33.163	100	0,3478	0,3478	1990
São Tomé e Príncipe*8	163.800	60	0,0667	0,0667	2004
Arábia Saudita	27.563.432	99	0,1700	0,1700	2004
Senegal	12.509.434	42	0,0169	0,0094	2004
Sérvia*5*8	7.291.436	100	0,3599	0,3599	2002
Seychelles*8	89.770	96	1,1750	1,1750	2004
Serra Leoa*6	5.746.800	12	0,0169	0,0010	2004
Singapura*8	5.076.700	100	0,2648	0,2648	2001
Eslováquia	5.431.024	98	0,4376	0,4376	2003
Eslovênia	2.049.261	99	0,6037	0,6037	2002
Ilhas Salomão*6	530.669	16	0,0613	0,0613	1999
Somália*8	6.799.079	30	0,0169	0,0019	1997

País	Número de habitantes 2010 *3	Taxa de eletrificação *2	Pessoal odontológico por 1000 habitantes ((ajustado) *1	Pessoal odontológico por 1000 habitantes (dados originais da OMS)	Ano para dados da equipe odontológica *1
África do Sul	50.034.236	75	0,1326	0,1326	2004
Espanha	46.072.831	100	0,4872	0,4872	2003
Sri Lanka	20.653.000	77	0,0648	0,0648	2004
Sudão	38.193.000	36	0,0315	0,0315	2004
Suriname*8	531.170	84	0,0169	0,0094	2000
Suazilândia	1.055.506	27	0,0295	0,0295	2004
Suécia	9.378.126	100	0,8199	0,8199	2002
Suíça	7.826.153	100	0,5019	0,5019	2003
República Árabe da Síria	20.125.000	93	0,7194	0,7194	2001
Tajiquistão*8	6.710.161	85	0,1513	0,1513	2003
Tanzânia*6*13	34.443.603	12	0,0413	0,0413	
Tailândia	67.311.917	99	0,1717	0,1717	2000
Ex-República Iugoslava da Macedônia*8	2.055.004	97	0,5528	0,5528	2001
Timor-Leste	79.221.000	17	0,0169	0,0013	2003
Timor-Leste	1.066.582	22	0,0549	0,0549	2004
Togo	6.191.155	20	0,0169	0,0038	2004
Tonga	102.371	23	0,3235	0,3235	2001
Trinidade e Tobago	1.317.714	99	0,0840	0,0840	1997
Tunísia	10.549.300	100	0,2468	0,2468	2004
Turquia*8	72.698.000	100	0,2411	0,2411	2003
Turquemenistão*8	5.123.940	100	0,1827	0,1827	2002
Tuvalu*8	9.650	92	0,1818	0,1818	2002
Uganda	30.661.300	9	0,0169	0,0136	2004
Ucrânia	45.962.947	100	0,3989	0,3989	2003
Emirados Árabes Unidos	4.765.000	100	0,3314	0,3314	2001
Reino Unido	62.261.967	100	1,0109	1,0109	1997
República Unida da Tanzânia	41.900.000	14	0,0169	0,0074	2002
Estados Unidos da América	309.050.816	100	1,6269	1,6269	2000
Uruguai	3.356.584	98	1,1607	1,1607	2002
Uzbequistão	25.567.663	100	0,1382	0,1382	2003
Vanuatu*8*12	234.023	27	0,1308	0,1308	
Venezuela, República Bolivariana da	28.833.845	99	0,5527	0,5527	2001

País	Número de habitantes 2010 *3	Taxa de eletrificação *2	Pessoal odontológico por 1000 habitantes ((ajustado) *1	Pessoal odontológico por 1000 habitantes (dados originais da OMS)	Ano para dados da equipe odontológica *1
Vietnã*4	86.927.697	98	0,0284	0,0284	
Iêmen	23.154.000	40	0,0410	0,0410	2004
Zâmbia	13.046.508	19	0,0449	0,0449	2004
Zimbábue	12.260.000	42	0,0240	0,0240	2004
Outro país da OCDE		100	0,7358		
Outro país não-OCDE		68	0,23		
Agregados					
Média de densidade odontológica da OCDE	0,735785881				
Média de densidade odontológica de não membros da OCDE	0,231390132				
Não membros da OCDE percentil de 20%	0,016919938				
Média não-OCDE, taxas de eletrificação	68				

Notas da tabela:

*1 Fonte: WHO: World health report 2006, Annex, Table 4: Global distribution of health workers in WHO Member States. Acessado em junho de 2012. Valores computados pela OMS para assegurar a comparabilidade; não são necessariamente as estatísticas oficiais dos Estados Membros, que podem utilizar métodos alternativos rigorosos. Ver notas explicativas sobre fontes e métodos. Para os países não membros da OCDE com valores de densidade de pessoal odontológico abaixo do percentil de 20% para este grupo nos dados originais, o percentil de 20% foi utilizado nos cálculos a fim de eliminar erros na elaboração dos relatórios. http://www.who.int/whr/2006/annex/en/index.html

*2 Percentagem da população com acesso à eletricidade. Fonte de dados: IEA, Electricity access Today – WEO-2011 new Electricity ac-cess Database (2009 data country-by-country), acessado em junho de 2012. Com exceção de alguns países; ver notas *6, *8 e *9. http://www.worldenergyoutlook.org/resources/energydevelopment/accesstoeletricity/

*3 Fonte de dados: UNSD Demographics Statistics, acessado em agosto de 2012. População para os países em letras verdes são do último ano disponível antes de 2010; na maioria dos casos a partir de 2000-2009. http://data.un.org/Data.aspx?d=POP

*4 Densidade de pessoal odontológico admitida como média de Laos e Camboja.

*5 Admitida como Sérvia e Montenegro em 2002 (ou 2007, ver o relatório: http://www.reeep.org/file_upload/296_tmpphpW16ncV.pdf)

*6 Fonte de dados para taxa de eletrificação: Datamarket.com, acessado em agosto de 2012. Dados compilados pela equipe do Banco Mundial a partir de pesquisas domiciliares. http://datamarket.com/data/set/1459/household-eletrification-rate-of-households#!display = linha & ds = 1459! g6f = 6.12.15.ng

*7 Taxa de eletrificação admitida como Espanha, Itália e França.

*8 Fonte de dados para taxa de eletrificação: reegle www.regel.info -> Resources & Services (principalmente dados de 2000) http://www.reegle.info/countries

*9 Fonte de dados para taxa de eletrificação: Centro nacional de dados geofísicos dos EUA: Na ausência de outros dados/estimativas, foi utilizada esta fonte. Os dados são baseados na análise de fotos de satélite. http://www.ngdc.noaa.gov/dmsp/pubs/Elvidge_WINTD_20091022.pdf

*10 Admitida = média da China (continental) e Japão.

*11 Taxa de eletrificação admitida como Gabão.

*12 Taxa de eletrificação admitida como Micronésia, Estados Federados da.

*13 Densidade de pessoal odontológico admitida como Quênia.

*14 Densidade de pessoal odontológico admitida como Moçambique.

Tabela 9-1: Exemplo de uma planilha Excel mostrando dados de entrada e saída para liberações para diferentes meios na categoria 5.1 Extração e utilização de combustíveis/ fontes de energia

Planilha da UNEP Chemicals' Toolkit para identificação e quantificação de liberações de mercúrio. Leia a "introdução" antes de iniciar.

															Insira os fatores de distribuição de saída (sem unidade)						Saída calculada de Hg, Kg/a						
C	Su-C	Categoria da fonte/fase	Existe? (s/n/?)	Fator -Padrão Entrada	Unidade	Insira fator de entrada	Unidade	Insira taxa de atividade	Unidade	Calcular entrada de Hg	Unidade	"Cenário de saída" (onde relevante)	Insira entrada de Hg	Unidade	Ar	Água	Terra	Produtos	Resíduos em geral	Tratamento/ disposição específica do setor	Ar	Água	Terra	Produtos	Resíduos em geral	Tratamento/ disposição específica do setor	Observações
5,1		Categoria da fonte: Extração e utilização de combustíveis/fontes de energia	y																								
		Combustão de carvão em grandes usinas elétricas																			354,00	0,00	0,00	0,00	406,00	0,00	
5,1,1		/Lavagem de carvão	n	0,05-0,5	g Hg/t	0,5	g Hg/t		t de carvão/a	0	Kg Hg/a			Kg Hg/a		0,01		0,8	0,19		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
		/Combustão	y	0,05-0,5 (a	g Hg/t	0,5	g Hg/t	1.520.000	t de carvão/a	760	Kg de Hg/a (a	Dispositivos de Red. Emis: Nenhum (a		Kg Hg/a	1						0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
												PES ou FP Geral (a		Kg Hg / y	0,9				0,1		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
												FM ou outra retenção elevada de MP (a		Kg Hg/a	0,5				0,5		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
												MP + ASA (a	260	Kg Hg/a	0,4				0,6		104,00	0,00	0,00	0,00	156,00	0,00	
												MP + DGC úmida (a	500	Kg Hg/a	0,5				0,5		250,00	0,00	0,00	0,00	250,00	0,00	
5,1,2		Outro uso do carvão Produção de coque	n	0,05-0,5	g Hg/t	0,5	g Hg/t		t de carvão/a	0	Kg Hg/a				1						225,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
																					0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
		Combustão de carvão	y																		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
		/Lavagem de carvão	n	0,05-0,5	g Hg/t	0,5	g Hg/t		t de carvão/a	0	Kg Hg/a					0,01		0,8	0,19		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
		/Combustão	y	0,05-0,5 (a	g Hg/t	0,5	g Hg/t	450.000	t de carvão/a	225	Kg de Hg/a (a	Dispositivos de Red. Emis.: Nenhum (a	225		1						225,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
												PES ou FP Geral (a			0,9				0,1		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
												FM ou outra retenção elevada de MP (a			0,5				0,5		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
												MP + ASA (a			0,4				0,6		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
												MP + DGC úmida (a			0,5				0,5		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
5,1,3		Óleos minerais - extração, refino e utilização																			335,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
		/Extração																			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
		/Utilização de óleo bruto:																									
		Usos (além de combustão)	?	10 - 300	mg Hg/t	300	mg Hg/t		t de óleo/a	0,00	Kg Hg/a				1						0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	

															Insira os fatores de distribuição de saída (sem unidade)						Saída calculada de Hg, Kg/a						
C	Su-C	Categoria da fonte/fase	Existe? (s/n/?)	Fator -Padrão Entrada	Unidade	Insira fator de entrada	Unidade	Insira taxa de atividade	Unidade	Calcular entrada de Hg	Unidade	"Cenário de saída" (onde relevante)	Insira entrada de Hg	Unidade	Ar	Água	Terra	Produtos	Resíduos em geral	Tratamento/ disposição específica do setor	Ar	Água	Terra	Produtos	Resíduos em geral	Tratamento/ disposição específica do setor	Observações
	5.1.3	Aquecimento residencial sem controles	?	10 - 300	mg Hg/t	300	mg Hg/t		t de óleo/a	0,00	Kg Hg/a				1						0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
		Outras instalações de combustão de óleo	y	10 - 300	mg Hg/t	300	mg Hg/t	256.000	t de óleo/a	76,80	Kg Hg/a	Instalação de Combustão de óleo sem controles de emissões	77		1						76,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
												Instalação de Combustão de óleo com controle de MP usando PES ou lavador			0,9				0,1		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
		/Refino	y	10 - 300	mg Hg/t	300	mg Hg/t	675.000	t de óleo/a	202,50	Kg Hg/a		203		1						202,50		?	?	?	?	Distribuição a partir do refino é desconhecida. Para simplificar 100% de entrada é considerado Hg liberado para o ar.
		/Uso de gasolina, diesel e outros destilados: Usos (além de combustão)		1 - 100	mg Hg/t	100	mg Hg/t	325.000	t de óleo/a	32,50	Kg Hg/a		33		1						32,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
		Aquecimento residencial sem controles		1 - 100	mg Hg/t	100	mg Hg/t	234.000	t de óleo/a	23,40	Kg Hg/a		23		1						23,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
		Outras instalações de combustão de óleo		1 - 100	mg Hg/t	100	mg Hg/t		t de óleo/a	0,00	Kg Hg/a	Instalação de Combustão de óleo sem controles de emissões			1						0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
												Instalação de Combustão de Petróleo com controle de MP usando PES ou lavador			0,9				0,1		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	5.1.4	Gás natural - extração, refino e utilização																			2,35	0,00	0,00	15,72	0,00	1.556,28	
		/Extração/Refino	y	2 - 200	gás ug Hg/Nm3	200	gás ug Hg/Nm3	7.860.000.000	gás Nm3/a	1.572,000	Kg Hg/a		1.572					0,01		0,99	0,00	0,00	0,00	15,72	0,00	1.556,28	Tratamento específico do setor é: Resíduos perigosos combustão de condensado de gás
		/Uso de gás bruto ou pré-limpo	?	2 - 200	gás ug Hg/Nm3	200	gás ug Hg/Nm3		gás Nm3/a	?	Kg Hg/a				1						?		?	?	?	?	
		/Uso de gás encanado (qualidade ao consumidor)	y	0,03 - 0,4	gás ug Hg/Nm3	0,4	gás ug Hg/Nm3	5.870.000.000	gás Nm3/a	2,3	Kg Hg/a		2		1						2,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	

															Insira os fatores de distribuição de saída (sem unidade)						Saída calculada de Hg, Kg/a						
C	Su-C	Categoria da fonte/fase	Existe? (s/n/?)	Fator -Padrão Entrada	Unidade	Insira fator de entrada	Unidade	Insira taxa de atividade	Unidade	Calcular entrada de Hg	Unidade	"Cenário de saída " (onde relevante)	Insira entrada de Hg	Unidade	Ar	Água	Terra	Produtos	Resíduos em geral	Tratamento/ disposição específica do setor	Ar	Água	Terra	Produtos	Resíduos em geral	Tratamento/ disposição específica do setor	Observações
5.1.5		Outros combustíveis fósseis - extração e utilização																			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
		Combustão de turfa	n	40-193 (b	mg Hg/t (peso seco)	193	mg Hg/t (peso seco)		t turfa/a	0,00	Kg Hg/a				1						0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
		Uso de folhelho betuminoso	n			?	?		t de folhelho betuminoso/a	?	Kg Hg/a				1						0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
		Combustão de outros combustíveis fósseis	n												1												
5.1.6		Geração de energia e calor por biomassa	y	?	?	?	?	?	?	?	Kg Hg/a				1						?	?	?	-	?	-	
5.1.7		Produção de energia geotérmica		?	?	?	?	?	?	?	Kg Hg/a				1						0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	

Tabela 9-2: Exemplo de uma planilha Excel mostrando dados de entrada e saída para liberações para diferentes meios na categoria 5.5 Produtos de consumo com uso intencional de mercúrio

Planilha da UNEP Chemicals' Toolkit para identificação e quantificação de liberações de mercúrio.
Leia a "introdução" antes de iniciar.

															Insira os fatores de distribuição de saída (sem unidade)					Saída calculada de Hg, Kg/a					
C	Su-C	Categoria da fonte/fase	Existe? (s/n/?)	Fator -Padrão Entrada	Unidade	Insira fator de entrada	Unidade	Insira taxa de atividade	Unidade	Calcular entrada de Hg	Unidade	"Cenário de saída " (onde relevante)	Insira entrada de Hg	Unidade	Ar	Água	Terra	Resíduos em geral	Tratamento/ disposição específica do setor	Ar	Água	Terra	Resíduos em geral	Tratamento/ disposição específica do setor	Observações
5.5		Categoria da fonte: Produtos de consumo com uso intencional de mercúrio		/Produção (a																					
5.5.1		Termômetro com mercúrio																		20,45	61,34	0,00	61,34	61,34	
		/Produção										Produção (a		Kg Hg/a	0,01		0,01			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
		Termômetro médico	n	0,5-1,5	g Hg/item	15	g Hg/ item		item s/a	0	Kg Hg/a			Kg Hg/a										
		Termômetro ar ambiente	n	2-5	g Hg/item	15	g Hg/ item		item s/a	0	Kg Hg/a			Kg Hg/a										
		Termômetro industrial e especial	n	5-200	g Hg/item	15	g Hg/ item		item s/a	0	Kg Hg/a			Kg Hg/a										
		Outros termômetros Hg de vidro	n	1-40	g Hg/item	15	g Hg/ item		item s/a	0	Kg Hg/a			Kg Hg/a										
		/Utilização +disposição									Kg Hg/a	/Utilização + disposição		Kg Hg/a										
												(A1) Sem coleta seletiva													
		Termômetros médicos	y	0,5-1,5	g Hg/item	15	g Hg/ item	56,700	item s/a	85	Kg Hg/a	Manuseio controlado de resíduos		Kg Hg/a	0,1	0,3		0,6		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
												Utilização sem coleta seletiva													
		Termômetro ar ambiente	n	2-5	g Hg/item	5	g Hg/ item		item s/a	0	Kg Hg/a	Manuseio informal de resíduos muito difundido		Kg Hg/a	0,2	0,3	0,2	0,3		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
												Utilização sem coleta seletiva													
		Termômetro industrial e especial	y	5-200	g Hg/item	200	g Hg/ item	567	item s/a	113	Kg Hg/a	Manuseio controlado de resíduos	204	Kg Hg/a	0,1	0,3		0,1	0,3	20,45	61,34	0,00	61,34	61,34	Tratamento específico do setor é: Reciclagem do mercúrio
		Outros termômetros Hg de vidro	y	1-40	g Hg/item	40	g Hg/ item	150	tem s/a	6	Kg Hg/a														
		Interruptores elétricos																							
5.5.2		Relés com mercúrio																		125,00	0,00	125,00	500,00	500,00	Tratamento específico do setor é: Reciclagem do mercúrio
		/Produção	n	?		?			t de carvão/a			/Produção			?	?	?	?	?	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
		/Utilização + disposição	y	0,02-0,25	g Hg/(a* habitante	0,25	g Hg/t	5.000.00	habitantes	1.250	Kg Hg/a	/Utilização + disposição													
												(A1) Sem coleta seletiva													

															Insira os fatores de distribuição de saída (sem unidade)					Saída calculada de Hg, Kg/a					
C	Su-C	Categoria da fonte/fase	Existe? (s/n/?)	Fator -Padrão Entrada	Unidade	Insira fator de entrada	Unidade	Insira taxa de atividade	Unidade	Calcular entrada de Hg	Unidade	"Cenário de saída " (onde relevante)	Insira entrada de Hg	Unidade	Ar	Água	Terra	Resíduos em geral	Tratamento/ disposição específica do setor	Ar	Água	Terra	Resíduos em geral	Tratamento/ disposição específica do setor	Observações
	5.5.2											Manuseio controlado de resíduos			0,1		0,1	0,8							
												A2) Sem coleta seletiva													
												Manuseio informal de resíduos muito difundido			0,3		0,4	0,3							
												A2) Sem coleta seletiva													
												Manuseio controlado de resíduos	1.250		0,1		0,1	0,4	0,4						Tratamento específico do setor é: Reciclagem do mercúrio
	5.5.3	Fontes de luz com mercúrio																		2,86	0,00	0,00	45,76	8,58	
		/Produção	n	?		?					Kg Hg/a	/Produção								?	?	?	?	?	
		/Utilização + disposição	y								Kg Hg/a	/Utilização + disposição			?	?	?	?	?						
		Lâmpadas fluorescentes (double end)										A2) Sem coleta seletiva													
				10 - 40	mg Hg/ produto	40	mg Hg/ produto	1.200.000	item/a	48	Kg Hg/a	Manuseio controlado de resíduos			0,05			0,95		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
		Lâmpada fluorescente compacta (CFL)										A2) Sem coleta seletiva													
		(single end)		5-15	mg Hg/ produto	15	mg Hg/ produto	500.000	item/a	7,5	Kg Hg/a	Manuseio informal de resíduos muito difundido			0,3		0,3	0,4		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
		Vapor de mercúrio de alta pressão										A2) Sem coleta seletiva													
				30	mg Hg/ produto	30	mg Hg/ produto	10,00	item/a	0,3	Kg Hg/a	Manuseio controlado de resíduos	57		0,05			0,8	0,15	2,86	0,00	0,00	45,76	8,58	
		Lâmpadas de sódio de alta pressão		10 - 30	mg Hg/ produto	30	mg Hg/ produto	30,00	item/a	0,9	Kg Hg/a														
		Luz ultravioleta para bronzeamento		5-25	mg Hg/ produto	25	mg Hg/ produto	10.000	item/a	0,3	Kg Hg/a														
		Lâmpadas de iodetos metálicos		25	mg Hg/ produto	25	mg Hg/ produto	10.000	item/a	0,3	Kg Hg/a														
	5.5.4	Baterias com mercúrio																		0,00	0,00			0,00	
		/Produção (a	n									/Produção (a		Kg Hg/a	0,005	0,005	?	?	0,01	0,00	0,00			0,00	
		Óxido de mercúrio (todos os tamanhos); também																							
		chamadas pilhas de mercúrio-zinco		320	kg Hg/t pilhas e baterias	320	kg Hg/t pilhas e baterias		t bat/a	0	Kg Hg/a														
		pilhas-botão de zinco-ar		12	kg Hg/t pilhas e baterias	12	kg Hg/t pilhas e baterias		t bat/a	0	Kg Hg/a														
		pilhas-botão alcalinas		5	kg Hg/t pilhas e baterias	5	kg Hg/t pilhas e baterias		t bat/a	0	Kg Hg/a														

															Insira os fatores de distribuição de saída (sem unidade)					Saída calculada de Hg, Kg/a					
C	Su-C	Categoria da fonte/fase	Existe? (s/n/?)	Fator -Padrão Entrada	Unidade	Insira fator de entrada	Unidade	Insira taxa de atividade	Unidade	Calcular entrada de Hg	Unidade	"Cenário de saída" (onde relevante)	Insira entrada de Hg	Unidade	Ar	Água	Terra	Resíduos em geral	Tratamento/ disposição específica do setor	Ar	Água	Terra	Resíduos em geral	Tratamento/ disposição específica do setor	Observações
		pilhas-botão de óxido de prata		4	kg Hg/t pilhas e baterias		kg Hg/t pilhas e baterias		t bat/a	0	Kg Hg/a														
		com exceção do formato de pilha-botão		0,25	kg Hg/t pilhas e baterias	0,25	kg Hg/t pilhas e baterias		t bat/a	0	Kg Hg/a														

Notas: (a: Note-se que fatores de distribuição de saída não devem resumir-se a 1 para esta fonte ou fase.

Tabela 9-3 Entradas e saídas de mercúrio para todos os meios reportados na Dinamarca, 2001; toneladas métricas de mercúrio/ano. Para mais detalhes sobre estimativa e incertezas, ver a resposta ao questionário no apêndice do documento referenciado (ACAP, 2005)

Médias e montantes são arredondados	Novas entradas para a biosfera		Liberações/saídas reportadas para (médias das faixas):								Total, rep. liberações (médias)
	Faixa	Média	Ar	Água	Solo	Resíduos Municipais	Resíduos perigosos /med	Depósito de resíduos do setor*1	Sistema de águas residuais	Subprodutos	
Mobilização de impurezas do mercúrio											
Grandes usinas de combustão de carvão	0,6-1	0,8	0,3	0	0	0	0	0,1	0	0,3	0,7
Outras combustões e usos do carvão		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Extração e uso de óleo, gás e biocombustíveis	0,06-0,33	0,2	0,06	0,06	0,003	0,006	0	0,01	0,002	0	0,1
Produção de cimento	0,1-0,3	0,2	0,1	0	0	0	0	0,03	0	0,09	0,2
Outras extrações primárias e processamento de materiais	0,011-0,04	0,03	0	0	0,03	0	0	0	0	0	0,03
Subtotal, mobilização de impurezas do mercúrio		1,2	0,4	0,06	0,03	0,006	0	0,2	0,002	0,4	1,1
Uso intencional de mercúrio											
Restaurações dentárias de amálgama	1,1-1,3	1,2	0,2	0	0,07	0,1	1,2	0	0,2	NR	1,8
Baterias	0,07-0,15	0,1	0	0	0	0,4	0,4	0	0	NR	0,8
Termômetros	0,016-0,024	0,02	0	0	0	0,03	0,1	0	0,03	NR	0,2
Manômetros, medidores de pressão arterial e educação	0,013-0,049	0,03	0,04	0	0	0,04	0,3	0	0,04	NR	0,4
Comutadores, relés e contatos	0-0,024	0,01	0	0	0	0,2	1,1	0	0	NR	1,3
Fontes de luz	0,06-0,17	0,1	0,005	0	0	0,07	0,07	0	0	NR	0,1
Outros produtos e processos	0,135-2,021	1,1	0	0	0	0,4	0,05	0,03	0,01	NR	0,5
Subtotal, uso intencional de mercúrio		2,6	0,2	0	0,07	1,3	3,2	0,03	0,2	0	5,1

Sistemas de tratamento de resíduos e de águas residuais											
Incineração de resíduos em geral/municipais	NR	NR	0,6	0	0	0	0	2,5	0	NR	3,1
Incineração de resíduos perigosos/ médicos	NR	NR	0,008	0,001	0	0	NR	0	0	NR	0,009
Aterros/ depósitos *3	NR	NR	NA	0	0	0,08	0	2,8	0,003	NR	2,9
Sistemas de águas residuais	NR	NR	0,04	0,2	0,08	0	0	0,06	NR	NR	0,4
Reciclagem de outros materiais	NR	NR	0,04	0	0,04	0,005	0	0,2	0	0,9	1,2
Outro tratamento de resíduos	NR	NR	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Subtotal, sistemas de tratamento de resíduos e águas residuais *2			0,71	0,20	0,12	0,085	0,0	5,5	0,003	0,9	

Notas:

*1 Depósitos de resíduos específicos do setor, é uma categoria de "outra deposição controlada", que inclui, por exemplo depósitos especiais para resíduos da combustão de carvão em alguns países e os depósitos da própria indústria (sujeito a fiscalização das autoridades).
*2 Note-se que a duplicação da contagem não pode ser descartada nos totais globais para tratamento de resíduos - depende das práticas nacionais e como os dados foram reportados nas respostas ao questionário. Portanto, estes montantes não foram incluídos na tabela.
*3 Os valores de saída de aterros/depósitos para resíduos urbanos e resíduos perigosos/médicos descrevem a distribuição sobre estes dois tipos de depósito e não o mercúrio sendo movido fisicamente de depósitos para resíduos urbanos ou perigosos.

www.unep.org
United Nations Environment Programme
P.O. Box 30552 Nairobi, Kenya
Tel: ++254-(0)20-762 1234
Fax: ++254-(0)20-762 3927
E-mail: uneppub@unep.org

Divisão de Tecnologia, Indústria e Economia (DTIE)
Seção de Produtos Químicos
Genebra
Suíça
Abril de 2013