

## **BRA/08/G32: BRASIL – ESTABELECIMENTO DA GESTÃO DE RESÍDUOS DE PCB E SISTEMA DE DISPOSIÇÃO**

**Produto 3 Relatório de Atividades:  
Sistemas de Tratamento de PCBs Existentes no Brasil  
Comparação com as Melhores Tecnologias Existentes  
Utilização dos Sítios de Demonstração**

**São Paulo, julho de 2011**  
**Paulo Fernandes**  
Consultor Técnico GT2  
CONTRATO Nº2010/000708

**Produto 03** - Relatório contendo a avaliação dos sistemas de tratamento existentes no Brasil, comparando-os com as melhores tecnologias disponíveis a nível mundial. Proposta de utilização dos “sítios de demonstração” e sugestões iniciais de sítios a serem utilizados.

## **1) INTRODUÇÃO:**

Em prosseguimento aos trabalhos do projeto BRA/08/G32, que irá elaborar uma proposta para o “Plano nacional de gerenciamento e eliminação de Bifenilas Policloradas (PCBs)”, parte do “Plano Nacional de Implementação” da convenção de Estocolmo no Brasil, este relatório de atividades apresenta uma avaliação detalhada da capacidade de tratamento e disposição final de PCBs atualmente existente no Brasil, tanto do ponto de vista quantitativo quanto qualitativo.

Este terceiro relatório do GT 02 apresenta também uma comparação entre a situação Brasileira e aquela observada em outros países signatários da “Convenção de Estocolmo”, notadamente aqueles onde o banimento das PCBs já foi completado ou encontra-se em estágio adiantado. Além de uma avaliação da situação internacional, o relatório apresenta também os últimos desenvolvimentos tecnológicos para a disposição final das PCBs e o estágio de seu desenvolvimento e possibilidades de aplicação.

O relatório apresenta, por fim, sugestões para a utilização dos sítios de demonstração, conforme resultado 3 do projeto BRA/08/G32, que prevê a aplicação dos diversos aspectos do sistema de gestão das PCBs em sítios pré determinados, de forma a permitir a avaliação do sistema, sua consequente correção e aperfeiçoamento, além de funcionar também como ferramenta de treinamento e formação de recursos humanos. Neste sentido são apresentadas as primeiras sugestões de sítios que possam atender a todas as necessidades do projeto.

## **2) RESÍDUOS PCB – TIPOS E CARACTERÍSTICAS:**

Os resíduos de PCBs podem se apresentar sob diversas formas que irão permitir tratamentos diferentes para sua destinação final. A seguir, apresentamos os resíduos mais comumente encontrados.

### a) Resíduos em “Estado Líquido”:

Os resíduos em estado líquido são constituídos por todos os materiais em estado líquido que contenham mais do que 50 ppm/p de PCBs (50 miligramas de PCB por grama de substrato). Serão diferenciados conforme o teor de PCBs que contêm e a natureza do substrato contaminado. Os resíduos mais comumente encontrados são:

- Resíduos de alta concentração de PCBs: aqueles que contêm mais do que 10% de PCBs em peso. Estes resíduos incluem os “Ascaréis”, líquidos isolantes constituídos por uma mistura de Bifenilas Policloradas (PCBs) e Triclorobenzeno (TCB) que pode conter até 60% de PCBs em peso, originalmente utilizados como fluidos isolantes para transformadores e capacitores.
- Outros óleos isolantes contaminados por PCBs: são constituídos por fluidos isolantes de outra natureza, sejam minerais ou de outra base, que sofreram contaminação durante serviços diversos de manutenção.

- Outros substratos líquidos contaminados por PCBs: nesta categoria iremos encontrar águas superficiais ou sbsuperficiais como corpos d'água ou lençóis freáticos atingidos por contaminação ambiental de diversas origens.

b) Resíduos em “Estado Sólido”:

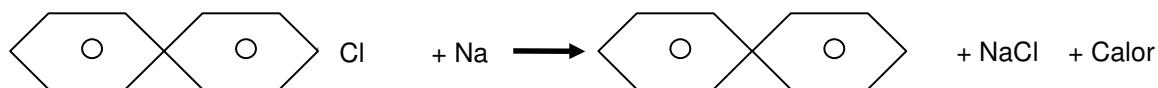
Os resíduos sólidos de PCBs são constituídos por materiais sólidos contaminados, que poderão ser "permeáveis" ou "impermeáveis" às PCBs.

- Os resíduos impermeáveis são aqueles que não absorvem o produto e apresentam um teor de mais do que 100 g/dm<sup>2</sup> (100 microgramas de PCB por decímetro quadrado de superfície impermeável). São constituídos por materiais metálicos, porcelanas e outros elementos impermeabilizados presentes em transformadores e capacitores. São também resíduos impermeáveis os elementos construtivos de edificações e equipamentos constituídos por materiais impermeáveis ou impermeabilizados, tais como pisos e paredes impermeabilizados, peças metálicas, etc.
- Os resíduos sólidos permeáveis são constituídos por materiais capazes de absorver as PCBs em sua massa e que contenham mais do que 50 ppm/p de PCBs, tais como papéis, cartões, madeiras e outros elementos construtivos de transformadores e capacitores. Neste grupo iremos encontrar também os elementos construtivos de edificações e equipamentos não impermeabilizados tais como pisos e paredes de alvenaria não revestida e peças de materiais compostos não impermeabilizadas presentes em equipamentos diversos.

**3) REAÇÕES QUÍMICAS CARACTERÍSTICAS DAS PCBs:**

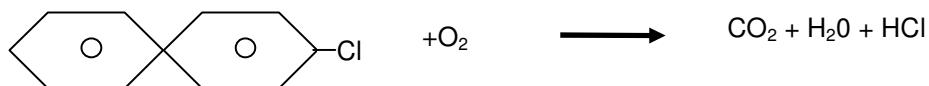
As Bifenilas Policloradas são substâncias caracteristicamente estáveis do ponto de vista químico e térmico. Suas reações químicas de forma geral ocorrem em condições enérgicas de temperatura, pressão e concentração de reagentes. A seguir apresentamos as reações mais características das PCBs:

a) **Reação com sódio:**



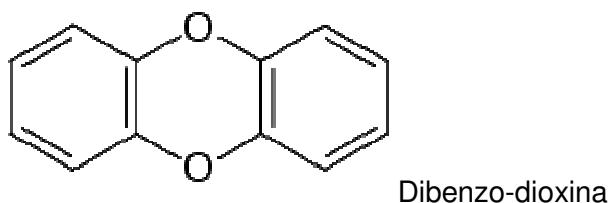
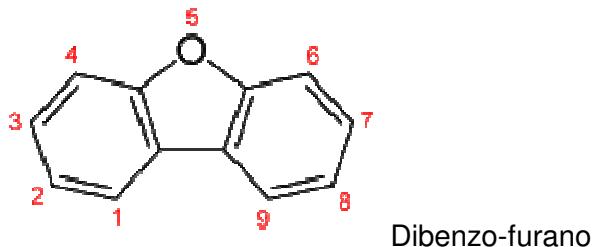
Esta reação ocorre à temperatura ambiente e é extremamente exotérmica. Para que possa ser utilizada em escala industrial As condições de reação devem ser controladas de forma a diminuir a geração de calor.

b) **Reação de oxidação:**

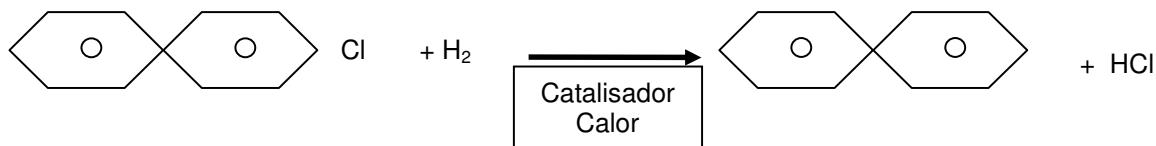


A reação de oxidação completa tal como representada acima, ocorre apenas em temperaturas elevadas, acima dos 1200º C, e em excesso de Oxigênio, superior a 0,5%.

Caso as condições de reação não sejam satisfeitas, ocorrerá a oxidação parcial das PCBs levando a formação das Dibenzo-dioxinas policloradas e dos Dibenzo-furanos policlorados.



**c) Redução catalítica:**



A reação de redução ocorre também em condições enérgicas através da hidrogenação catalítica das PCBs, resultando em Bifenila e Ácido Clorídrico como subproduto na corrente gasosa. É possível também obter como resultado o ciclo-hexano, dependendo das condições de hidrogenação.

**4) MÉTODOS DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS PCB:**

O método de tratamento a ser utilizado irá depender do tipo específico de resíduo a tratar, aproveitando as características físico químicas das PCBs. De uma forma geral, um substrato qualquer contaminado poderá ser submetido a processo que remova ou destrua as PCBs, restaurando a condição inicial do substrato. Este tipo de processamento produz um material não perigoso que eventualmente poderá ser reciclado e um resíduo constituído pelas PCBs, de forma geral, em alta concentração.

**4.1) FUNDAMENTOS TÉCNICOS DO TRATAMENTO DAS PCBs:**

As técnicas de processamento mais utilizadas para os diversos resíduos PCB são baseadas nos seguintes princípios:

**a) Resíduos em “Estado Líquido”:**

- **Resíduos de alta concentração de PCBs:** para estes resíduos são utilizadas tecnologias que visam destruir as PCBs, podendo ser também destrutivas para o substrato. Para este caso são utilizadas as técnicas baseadas na reação com sódio, reação de oxidação e redução catalítica.
- **Outros óleos isolantes contaminados por PCBs:** para estes resíduos podem ser utilizadas tecnologias baseadas na reação de oxidação, como também as tecnologias baseadas na reação com o Sódio.
- **Outros líquidos contaminados por PCBs:** para os líquidos contaminados por PCBs em baixos teores, como materiais resultantes de contaminação ambiental não intencional, é possível aplicar além das tecnologias já descritas, tecnologias baseadas na bio-remediação e técnicas de separação, tais como arraste por ar, seguidas do tratamento das PCBs especificamente.

b) Resíduos em estado sólido:

- **Sólidos impermeáveis:** para esses resíduos podem ser aplicadas técnicas de remoção das PCBs da superfície contaminada, seguida do tratamento das PCBs por uma das tecnologias já descritas.
- **Sólidos permeáveis:** estes resíduos podem sofrer tratamento de remoção das PCBs, seguida do tratamento das PCBs ou serem submetidos diretamente a tratamentos baseados na oxidação de ambos substrato e PCBs.

#### 4.2) TECNOLOGIAS DESENVOLVIDAS PARA O TRATAMENTO DAS PCBs:

Com base nos fundamentos demonstrados acima, foram desenvolvidos vários sistemas de tratamento que obtiveram maior ou menor aplicação conforme condições técnicas, econômicas e regulatórias aplicáveis. Os que obtiveram maior sucesso técnico ou comercial estão apresentados a seguir.

a) **Destrução térmica por incineração:**

É a tecnologia mais utilizada para o tratamento das PCBs em todo o mundo. Baseia-se na reação de oxidação e pode ser utilizada para todos os tipos de resíduos PCB. Em função da escala de produção alcançada por esta tecnologia, é a de menor custo do mercado, sendo, portanto, a mais utilizada.

Pode ser empregada tanto para resíduos em estado líquido como em estado sólido, sendo que no caso de resíduos sólidos inorgânicos, as cinzas irão requerer tratamento posterior. As plantas para incineração de resíduos perigosos devem ser compostas pelas seguintes unidades:

- Unidade de recepção:
  - Deve ser uma área reservada para a descarga e quarentena dos resíduos recebidos. É área potencialmente contaminada e deve ser isolada do meio ambiente para evitar contaminações accidentais.
  - Os resíduos recebidos devem permanecer nesta área em quarentena, isto é, até que análises de laboratório confirmem que o material confere com o descrito no manifesto de carga e nos documentos fiscais e comerciais.
- Unidade de Manuseio e Armazenamento Temporário:
  - É o local onde resíduos são desembalados, mesclados para atender às condições operacionais do forno e armazenados até o momento da efetiva destruição. É também área potencialmente contaminada e isolada do meio ambiente externo.

■ Unidade de Alimentação:

- Esta unidade difere de projeto para projeto e destina-se a levar o material a ser destruído à câmara interna do forno de incineração.

■ Forno de Incineração:

- Constitui a unidade central de processamento do material a destruir. Nesta unidade os resíduos são aquecidos a temperaturas de até 900º C em presença de excesso de oxigênio onde ocorre a degradação do material a compostos oxidados de baixo peso molecular.

■ Unidade de Pós Queima:

- Os produtos de combustão formados na unidade de incineração são arrastados para a unidade de pós queima, onde são aquecidos até 1200º C formando então os produtos de oxidação total do material, que no caso das PCBs são Cloreto de Hidrogênio (HCl), Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) e água.

■ Unidade de Resfriamento e Tratamento dos Gases:

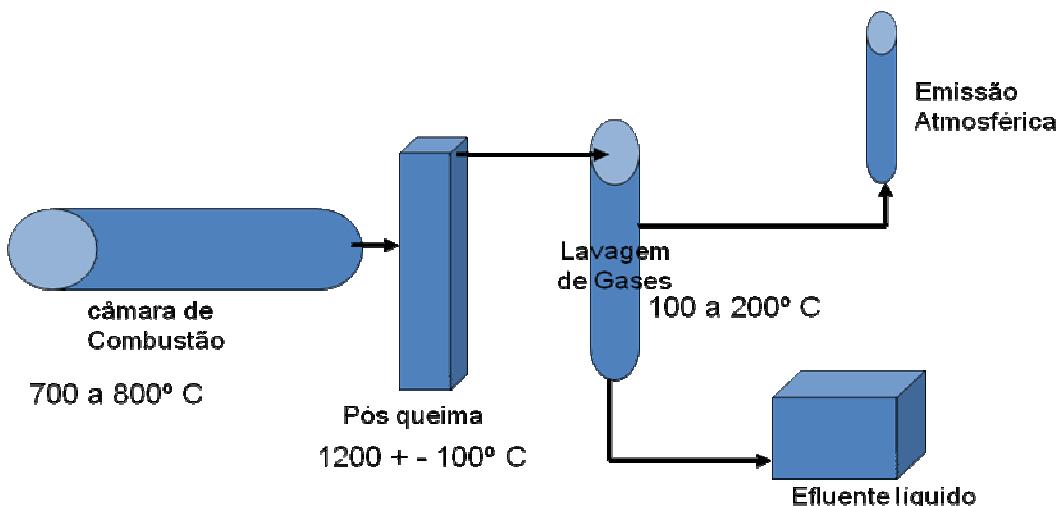
- Nesta unidade os produtos gasosos da oxidação são tratados com solução aquosa fria de Hidróxido de Sódio (NaOH). O rápido resfriamento de 1200 para cerca de 80 a 90º C é necessário para reduzir a probabilidade de ocorrência de reações inversas que poderiam gerar compostos indesejáveis, como dioxinas e furanos.
- O tratamento com NaOH destina-se a remover o HCl formado pela combustão resultando em mistura de Cloreto de Sódio e água:



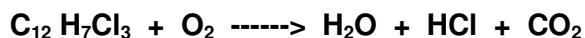
■ Unidade de Tratamento de Água:

- A solução de NaCl resultante do tratamento com NaOH deve ser então tratada para remover o sal. O processo irá variar para cada projeto, sendo comum a desidratação da salmoura resultando em sal e vapor d'água.

Para que um incinerador obtenha licenciamento para o tratamento das PCBs, é necessário que apresente “Eficiência de Destrução e Remoção (EDR)” de no mínimo 99,9999%, funcione a temperaturas de 1200 +/- 100º C na câmara de pós queima, utilize excesso de oxigênio de pelo menos 0,5% e apresente tempo de residência de 2 segundos. A seguir, o esquema básico das plantas convencionais para incineração de resíduos.



## Reação de Oxidação Completa (Incineração)



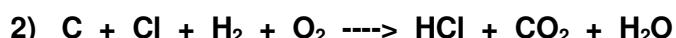
### b) Destruição térmica em fornos a plasma:

Esta tecnologia difere da incineração apenas no que diz respeito ao processo químico de destruição das PCBs. Enquanto na incineração as PCBs são levadas a reagir diretamente com o oxigênio a altas temperaturas, na destruição a plasma a reação se dá em 2 etapas. Na primeira, as moléculas de PCB são decompostas pela ação do calor e na segunda, os produtos de sua decomposição térmica são levados a reagir com o oxigênio. As reações a seguir ilustram os dois processos:

## Reação de Oxidação (Incineração)

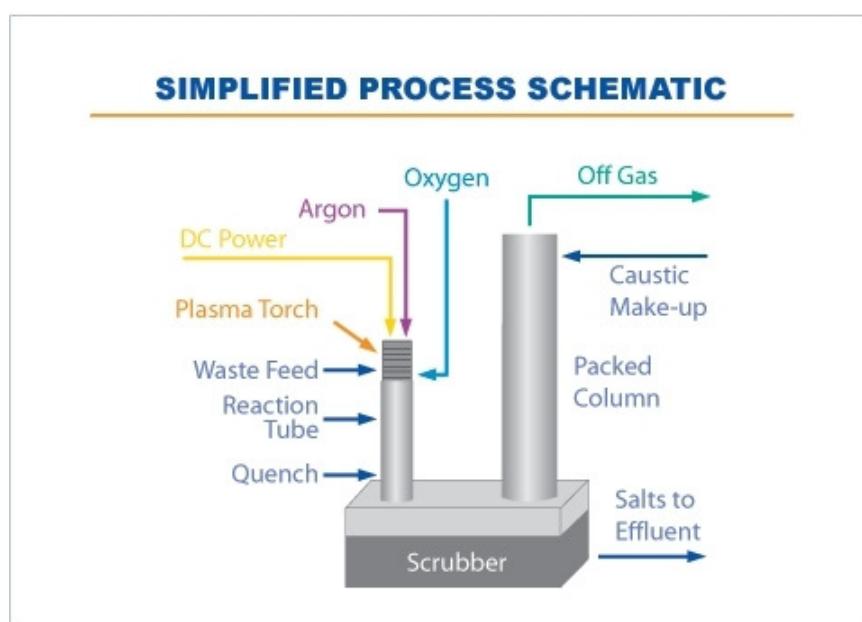


## Reações da destruição a plasma:

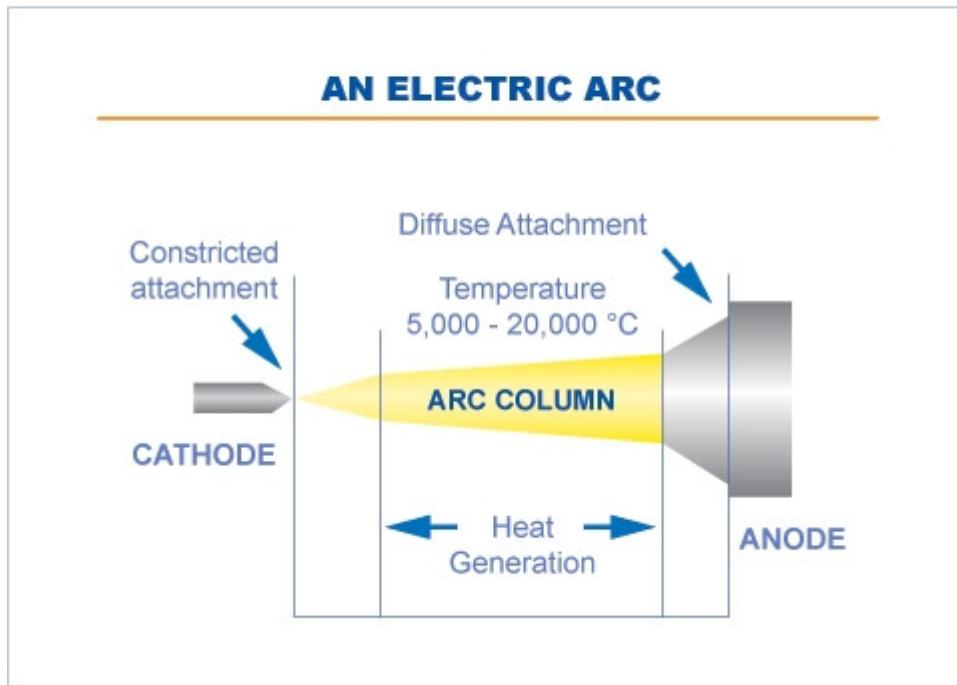


Neste processo, desenvolvido inicialmente pela Westinghouse no final dos anos 70, é utilizado uma "Tocha de Plasma" gasoso para decompor o resíduo a uma temperatura de cerca de 4000º C. Em seguida, em uma câmara de reação, a mistura de gases é resfriada até a faixa de 1200º C onde ocorre a reação de oxidação dos produtos da pirólise.

Todos os demais componentes deste tipo de instalação devem ser idênticos aos existentes nas plantas de incineração.



Esquema simplificado do processo (SRP Plascon)



O processo de geração de plasma (SRL Plascon)



Tocha de plasma de uso lindustrial (Eurotorch)

**c) Reação de oxidação por oxigênio puro a alta pressão:**

Neste processo as reações químicas envolvidas ocorrem em uma câmara hiperbárica cuja pressão oscila entre 2 e 15 bar, com o acréscimo de oxigênio técnico. Nestas

condições se obtém uma atmosfera altamente oxidante que permite oxidar cada elemento de praticamente qualquer molécula, levando-o a seu estado máximo de oxidação, evitando assim a formação de produtos de combustão incompleta.

A combinação de alta pressão e de oxigênio 100% permite oxidar os compostos orgânicos gerando grande quantidade de calor que leva à obtenção de temperaturas muito superiores às de um incinerador (porque este último utiliza ar para a combustão). Isto torna possível tratar resíduos de muito menor poder calorífico sem necessidade de agregar combustível adicional.

A completa oxidação da carga de resíduos se produz simultaneamente com a sublimação (cracking térmico e gaseificação das moléculas) dos resíduos sólidos.

As condições operacionais aceleram a transferência de massa e fazem com que as reações de oxidação se produzam de forma extremamente rápida.

Além disso, devido a esta atmosfera altamente oxidante que leva à completa oxidação de todos os elementos, impossibilita-se a formação de precursores de dioxinas, furanos e PCBs.

Os produtos resultantes da oxidação escapam através de uma válvula de laminação a uma velocidade de 500 m/s, expandindo-se de forma semi-adiabática e baixando a temperatura até uns 200° C em décimos de segundo, o que evita a recombinação de elementos em cadeias cloradas complexas, precursoras de dioxinas e furanos.

Os gases continuam transitando através de um sistema de tratamento onde:

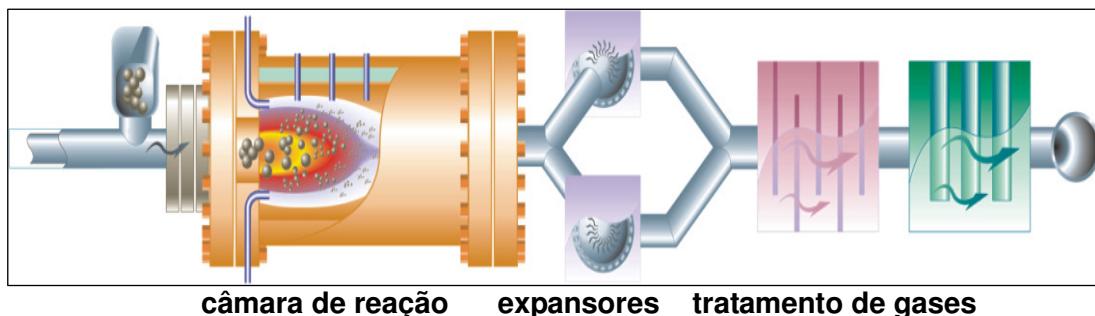
1º são tratados em um leito de bicarbonato sólido, com o fim de reter os compostos ácidos (como por exemplo ácidos de halógenos, óxidos de enxofre, etc.)

2º são retidos os materiais particulados remanescentes, pela passagem dos gases através de um filtro de mangas autolimpador

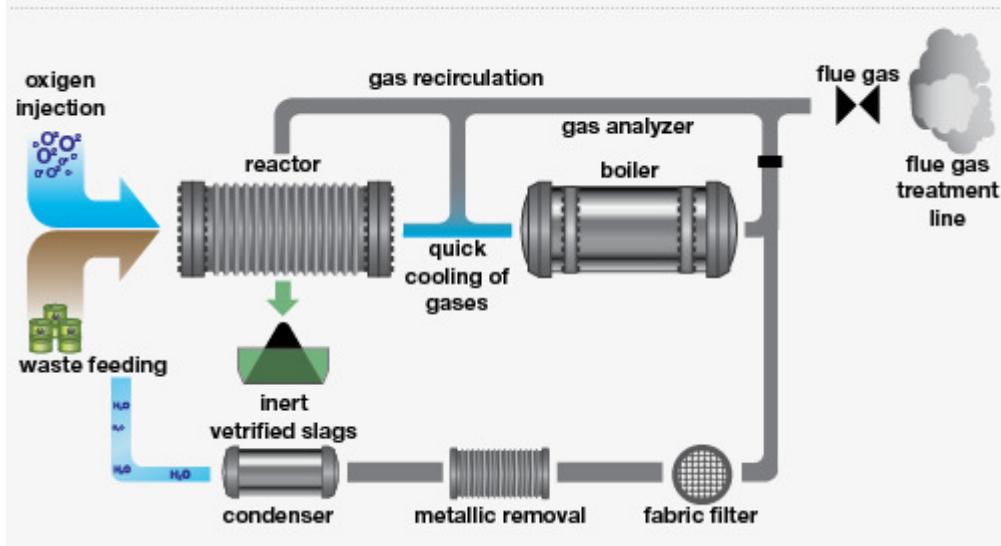
3º Uma camada de carvão ativo adsorve os restos de metais voláteis (por exemplo, mercúrio), e hidrocarburetos que a corrente de fumaça possa conter.

4º Finalmente, antes da saída para a atmosfera, pode-se injetar peróxido de hidrogênio para controlar os altos níveis de CO que podem se produzir no momento da partida.

### Esquema simplificado do sistema de oxidação à pressão



## ISOTHERM Pwr ® FLOWCHART



Fluxograma de processo ISOTHERM (ITEA/Sofinter)

### d) Hidrogenação catalítica:

Este processo consiste na reação das PCBs com hidrogênio a altas temperaturas em reatores gás-líquido de leito fixo. A corrente de resíduo é pré aquecida e injetada no reator juntamente com a corrente de Hidrogênio em presença de catalisador. No reator ocorre a hidrogenação e os produtos de reação são arrastados em fase vapor para o sistema de purificação de gases que remove materiais particulados, materiais não vaporizados e o ácido clorídrico. A corrente gasosa purificada segue para compressão e envase ou para queima em caldeira destinada à produção de energia.



## Reator de Hidrogenação Catalítica (Foster Wheeler)

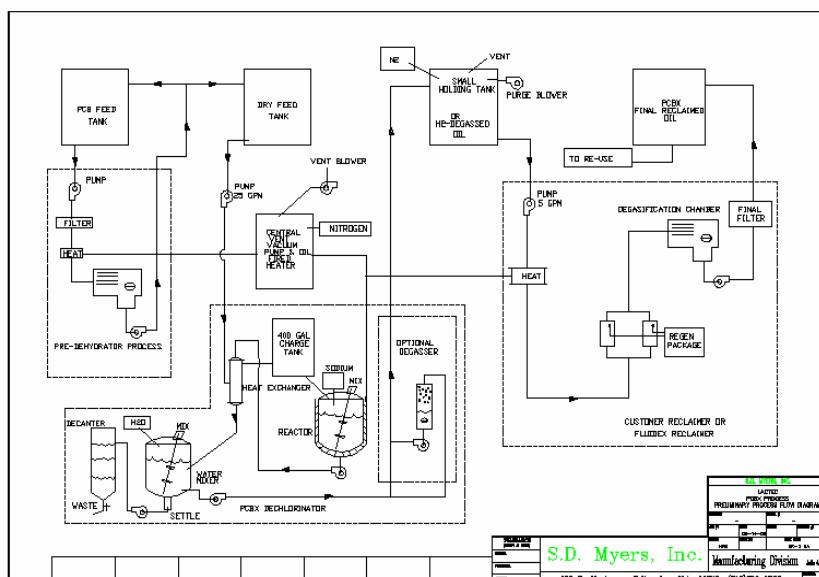
### e) Desalogenação por sódio:

Os sistemas que utilizam a reação com sódio para tratamento das PCBs são constituídos por um conjunto de reatores, tanques de armazenagem e sistemas de pré e pós tratamento do óleo a processar. As diferenças encontradas entre os diversos sistemas disponíveis no mercado respondem pelas diversas alternativas de produtividade e grau de contaminação do resíduo a processar. Estes sistemas poderão processar líquidos não aquosos contaminados por PCBs em qualquer concentração, dependendo do projeto de cada sistema específico. A seguir descrevemos as etapas básicas dos sistemas utilizados para o tratamento de resíduos oleosos contendo até 5.000 ppm/p de PCBs:

- Tratamento do óleo a recuperar em sistema de secagem para a remoção do excesso de umidade. O óleo sairá do tratamento com teor de umidade entre 05 e 25 ppm/p.
- Bombeamento do óleo desidratado para o tanque reator.
- Adição da quantidade estequiométrica de “reagente de sódio” mais excesso.
- Aquecimento da mistura e agitação.
- Bombeamento da mistura após reação para o tanque de água para remoção do excesso de reagente.
- Agitação da mistura óleo água.
- Decantação da mistura.
- Drenagem da fração aquosa para um sistema de separação água/óleo e daí para o tanque de armazenagem de água para reuso.
- Drenagem da fração oleosa e armazenagem no tanque de “óleo tratado”.
- Coleta de amostra de óleo tratado para determinação do teor de PCBs.

- *REAÇÕES DO PROCESSO:*

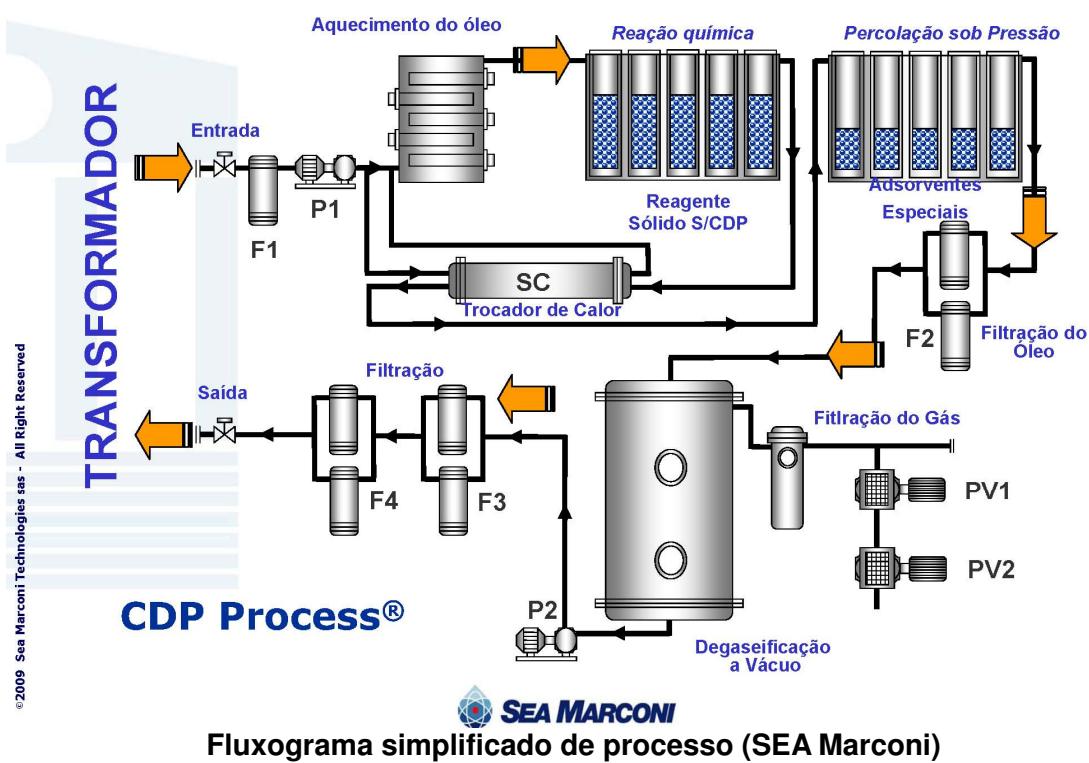
- $C_{12}Cl_5H_5 + 5C_{10}H_9Na \rightarrow C_{12}H_{12} + 5NaCl$
- $C_{10}H_9Na + H_2O \rightarrow C_{10}H_{10} + NaOH$



## Fluxograma simplificado de processo (SDMYers Inc)

### f) Desalogenação por PEG/PPG:

Este processo é similar ao anterior diferindo apenas no reagente utilizado. Utiliza uma combinação de polietileno-glicol com polipropileno glicol e uma base forte. A reação final, porém é a mesma: o metal alcalino presente na base reagirá com o Cloro das PCBs gerando o cloreto alcalino correspondente e a bifenila. É um processo patenteado e, portanto, utilizado por apenas uma empresa.



### g) Reciclagem de materiais impermeáveis:

Os sistemas que realizam a reciclagem de materiais impermeáveis contaminados por PCBs utilizam um solvente apropriado para remover as PCBs existentes na superfície, resultando em material livre de PCBs para reciclagem. De uma forma geral, estes processos utilizam solventes clorados, tri ou tetra-cloretileno, que são reutilizados após destilação. Neste caso existem duas variações de processo conforme a regulamentação que se pretende atender. Nos Estados Unidos e Canadá a regulamentação exige que a contaminação superficial final máxima do material tratado seja de  $100 \mu\text{g}/\text{dm}^2$  (cem microgramas de PCBs por decímetro quadrado) e permite que o material em tais condições seja reutilizado sem restrições. Por outro lado, nos países europeus, a contaminação final máxima do material tratado deve ser de  $50 \text{ ppm/p}$  (50 miligramas de PCBs por kg de material). Este valor levará a uma distorção no caso dos materiais de alta densidade como aço, aço silício e cobre pois mesmo

grandes quantidades de PCB na superfície resultarão em teores inferiores ao regulamentado. Nestes países porém, o material tratado não pode ser livremente comercializado, mas comercializado apenas para siderúrgicas e fundições licenciadas para receber este tipo de material. É importante notar que materiais contaminados por PCBs irão alterar as características de lançamento de dioxinas e furanos da siderúrgicas e fundições.

As diferenças são significativas quando se considera as chapas de aço geralmente utilizadas para transformadores. Assim, os núcleos magnéticos são compostos de milhares de chapas de cerca de 1,2 mm de espessura (chapa 18). Esta chapa pesa 96 g/dm<sup>2</sup>, portanto, cada dm<sup>2</sup> contendo 50 ppm/p significa 4800 microgramas de PCB, contra 100 microgramas quando se considera a legislação norte-americana. Se considerarmos que cada transformador contém milhares de decímetros quadrados de aço silício, a diferença de resíduos lançados no ambiente é significativa.

No caso dos tanques dos transformadores o cálculo leva a:

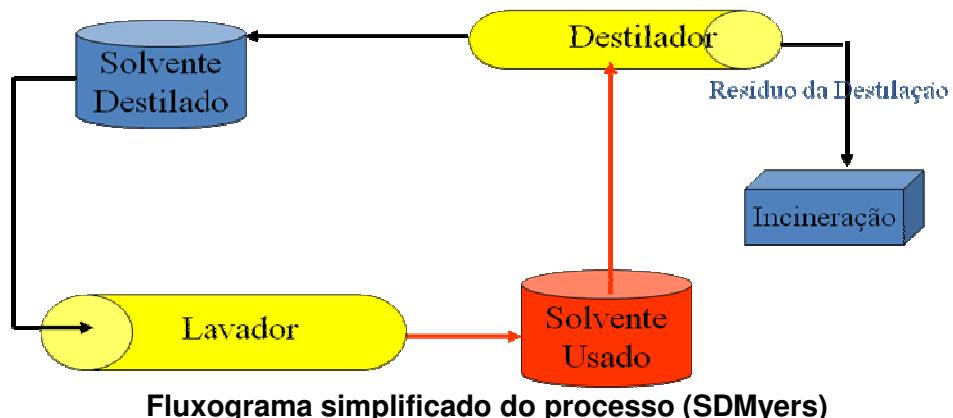
Peso da chapa típica: 360 g/dm<sup>2</sup>

Quantidade de PCBs por dm<sup>2</sup> com 50 ppm/p: 18.000 microgramas ou 18 mg.

Área superficial total do tanque de um transformador típico de 500 KVA: 1440 dm<sup>2</sup>.

Quantidade de PCBs liberada pelo critério europeu (50 ppm/p): 25.920.000 microgramas ou 25,92 gramas.

Quantidade de PCBs liberada pelo critério norte-americano (100 µg/dm<sup>2</sup>): 144.000 microgramas ou 0,144 gramas.



## 5) SISTEMAS ATUALMENTE DISPONÍVEIS PARA TRATAMENTO DE RESÍDUOS PCB:

A partir do banimento das PCBs em diversos países, foram implantados sistemas variados para tratamento e disposição destes resíduos. Em muitos países a quantidade de PCBs para disposição é atualmente residual, resultando em capacidade disponível da base tecnológica ou das instalações físicas. No Brasil, várias empresas se capacitaram para tratar os diversos resíduos de PCB com base em um mercado atraente pelo seu valor econômico. A seguir a apresentação, comentários e avaliação sucinta das principais alternativas para atendimento às necessidades do projeto.

### 5.1) EMPRESAS ESTRANGEIRAS:

Em todo o mundo várias empresas prestadoras de serviços de disposição final de resíduos industriais se capacitaram para as PCBs. Seja através de soluções especialmente desenvolvidas para o resíduo, seja por meio de facilidades já

existentes, a maior parte dos países da Europa ocidental e da América do norte já lograram a eliminação de seu estoque de PCBs. Essas soluções, em muitos casos, encontram-se disponíveis para utilização para os detentores de PCBs no Brasil, seja através do envio dos resíduos para tratamento no exterior, seja pela importação de tecnologias e equipamentos para processamento local. A seguir apresentamos aquelas que têm demonstrado interesse no mercado brasileiro e que de alguma forma já buscaram parcerias locais.

**a) Saniplan Engenharia:**

Esta empresa, localizada no Rio de Janeiro, presta os serviços de coleta, embalagem e envio de resíduos PCB para disposição final na Europa. Atualmente mantém contrato com a empresa finlandesa EKOKEM ([www.ekokem.fi](http://www.ekokem.fi)), que opera um incinerador do tipo rotativo provido de recuperação de calor para aquecimento e produção de energia. A empresa alega dispor de instalação licenciada no município de Duque de Caxias – RJ para a armazenagem temporária e acondicionamento dos resíduos PCB a despachar. O carregamento de containers para transporte marítimo é regulado pela “International maritime Organization – IMO” e deve obedecer a estas regras para ser aceito em navio de transporte. O processo como um todo deve obedecer às exigências constantes da “Convenção de Basileia” da qual o Brasil é signatário. Para que a remessa seja possível, deve ser obtida a anuência do país receptor, que deverá ser apresentada à autoridade competente brasileira o IBAMA para solicitar sua autorização. É necessário ainda obter as autorizações de todos os países onde aportar a embarcação ou onde venha a ocorrer transbordo da carga. A pesar de apresentar grandes dificuldades técnicas para sua efetivação, o processo demanda extenso trabalho burocrático e de seleção de transportadores.

- Custos estimados para disposição na Europa ocidental:
- Preço FOB por quilograma de resíduo: R\$ 1,65
- Transporte: R\$ 28.200,00 por container ou cerca de R\$ 3,50 / kg
- Licenciamento: R\$ 5000,00 por processo ou cerca de R\$ 0,50 / kg
- Total: R\$ 5,65 / kg
- Impostos sobre pagamentos de serviços ao exterior: (IR+IOF) 32%
- Total com impostos: R\$ 7,46 / kg

Em reunião realizada na sede do PNUD em Brasília, em 28/06/2011, à qual compareceu o Sr. Eduardo Haddad, Diretor da Saniplan Engenharia ([www.saniplanengenharia](http://www.saniplanengenharia)), foi solicitado aos presentes o envio de informações detalhada quanto ao que segue:

- Capacidade prevista de suas instalações para processamento de resíduos PCB no período de 2015 a 2025.
- Qual a tecnologia utilizada por sua empresa e origem.
- Cópia da licença ambiental de operação.
- Parâmetros de qualidade e formas de monitoramento.
- Investimentos ligados a PCBs realizados nos últimos 2 anos e a realizar nos próximos anos (até 2025).

Até o momento da elaboração deste relatório, a Saniplan Engenharia não havia enviado as informações. Tampouco foi possível visitar as instalações para verificação de suas características.

Contato:

Eduardo Hadad

Email: [saniplan@saniplanengenharia.com.br](mailto:saniplan@saniplanengenharia.com.br)

**b) Sava:**

A SAVA Gmbh ([www.sava-online.com](http://www.sava-online.com)) é uma empresa sediada na Alemanha, pertencente ao Grupo Remondis, conglomerado industrial que atua em diversas áreas, como química, energia e meio ambiente. A Sava opera um incinerador para resíduos industriais com capacidade para 35.000 toneladas de resíduos por ano, constituído por um forno rotativo, unidade de pós queima, sistema de tratamento de emissões e de efluentes. Suas características de emissão atendem tanto aos padrões europeus quanto norte-americanos. Neste ponto é importante notar que, diferentemente dos critérios adotados pelos órgãos estaduais de meio ambiente brasileiros, os limites de emissão atendidos pela SAVA contemplam além das concentrações de poluentes em suas emissões e efluentes, uma quantidade total máxima anual. Assim, a empresa poderá emitir por exemplo, 1 mg/m<sup>3</sup> de adido clorídrico (HCl) limitado a 35 kg por ano. Além deste controles, a empresa deverá manter acessíveis à autoridade ambiental as condições de operação da planta a qualquer instante.

A empresa presta serviços em vários países da América do Sul, como Uruguai e Argentina, e está interessada em prestar serviços também no mercado brasileiro. Até o momento, no entanto, não encontrou o parceiro local.



Contato:

Michael Schulz  
[e-mail: michael.schulz@remondis.de](mailto:michael.schulz@remondis.de)

**c) Delco Srl:**

Empresa sediada na Itália ([www.delcosrl.com](http://www.delcosrl.com)) especializada em re-refino de óleos lubrificantes e isolantes, desenvolveu um processo próprio para desalogenação de PCBs através da reação com sódio metálico ou hidreto de sódio. Seu processo permite uma capacidade de até 2.000 l/h para óleos minerais contaminados com até 10.000 ppm/p de PCBs.

A empresa desenvolveu também um processo para descontaminação de materiais impermeáveis a PCBs por lavagem com solvente clorado (tri e tetra-cloretileno) e, atualmente também possui processo para descontaminação de materiais impermeáveis por tratamento em meio aquoso.

A DEALCO presta serviços também de laboratório, engenharia e treinamento nas diversas atividades ligadas à gestão de PCBs.

A empresa também demonstrou interesse no mercado brasileiro e busca parceiros locais.



Fluxograma simplificado do processo DELCO

Contato:

Michele Tonani

e-mail: [michele.tonani@delcosrl.com](mailto:michele.tonani@delcosrl.com)

**d) SEA Marconi:**

A SEA Marconi, empresa também sediada na Itália ([www.seamarconi.com](http://www.seamarconi.com)), é especializada em serviços de manutenção de transformadores e óleos isolantes. Presta vasta gama de serviços às empresas do setor elétrico incluindo tratamento de óleos isolantes em campo para desidratação e regeneração, serviços de manutenção em campo para equipamentos diversos de subestações elétricas, além de serviços de manutenção em oficina para equipamentos elétricos.

A empresa desenvolveu processo para desalogenação de PCBs, aplicável a óleos minerais contaminados, baseado em reação com bases fortes em meio de mistura PEG/PPG. O sistema desenvolvido pela empresa visa o tratamento em campo com os transformadores em funcionamento de forma a evitar desligamentos. Foi aplicado com sucesso em vários países da Europa e, na América do Sul, aplicou seu sistema em transformadores da Argentina.

A empresa possui também processo para descontaminação de materiais impermeáveis contaminados por PCBs, semelhante ao desenvolvido pela DELCO.

A empresa tem demonstrado interesse no mercado brasileiro, tanto para os serviços de desalogenação de PCBs quanto para os serviços de manutenção elétrica. A empresa é parte do Grupo Terna Energia, que opera sistemas de transmissão elétrica no Brasil e Argentina. Recentemente, a CEMIG, Cia de Energia do Estado de Minas Gerais, adquiriu o controle acionário da Terna Brasil. Não houve ainda, no entanto, qualquer manifestação da CEMIG com relação a planos para a SEA Marconi.



**Equipamento SEA Marconi instalado**

Contato:

Alessandro Capo Paolo Franchi  
Gerente Comercial  
Email: [capo@seamarconi.it](mailto:capo@seamarconi.it)

#### e) Kinectrics:

A empresa sediada no Canadá ([www.kinectrics.com](http://www.kinectrics.com)) , província de Ontario, foi formada pela privatização do centro de pesquisas da antiga e também privatizada empresa de energia da província, Ontario Hydro. A empresa desenvolveu soluções para as questões relativas a PCBs que afetavam a concessionária nas décadas de 80 e 90 e, assim, dispõe de tecnologias para manuseio, armazenagem e disposição final de PCBs. A empresa atua também na área de treinamento de ao de obra para a gestão de PCBs e consultoria em engenharia de forma geral.

A empresa desenvolveu também um sistema para desalogenação de PCBs baseado na reação com sódio, utilizando como reagente, diferentemente das demais aqui citadas, uma suspensão de sódio em óleo mineral. O sistema Kinectrics pode tratar líquidos não aquosos contendo qualquer quantidade de PCBs, inclusive os chamados Ascaréis que contém de 40 a 60% de PCBs em tricloro-benzeno. O sistema via química para as PCBs de alta concentração apresenta vantagens sobre a incineração por não liberar emissões atmosféricas ou gases de efeito estufa provenientes da queima de combustível fóssil. Em razão da legislação canadense que proíbe o transito rodoviário de resíduos perigosos, o sistema Kinectrics foi desenvolvido sobre uma carreta rodoviária para operar no local do detentor dos resíduos.

A empresa já demonstrou interesse em atuar no mercado brasileiro, já tendo enviado uma missão ao país em 2010. No entanto, até o momento não concretizou qualquer negociação.



**Desalogenador Kinectrics**

Contato:

Maharaj Rakesh  
Email: [rakesh.maharaj@kinectrics.com](mailto:rakesh.maharaj@kinectrics.com)

### 5.2) EMPRESAS SEDIADAS NO BRASIL:

As PCBS tiveram sua utilização proibida no Brasil em 1981 a partir da publicação de Portaria Interministerial, MIC/MI/MME. Porém, a portaria não estabeleceu qualquer regra ou orientação para a disposição final de PCBs além da proibição de descarte a céu aberto, corpos d'água, etc que, de resto, já existia na ocasião. O país não dispunha de qualquer instalação licenciada para a disposição final das PCBs até 1995 quando a Bayer licenciou seu incinerador localizado na cidade de Belfort Roxo, estado do Rio de Janeiro, para receber este tipo de resíduo. A partir de então, passou a receber resíduos em estado sólido ou líquido dos diversos detentores de todo o país, tendo sido até o momento a instalação que processou a maior quantidade de PCBs no Brasil.

Logo em seguida a CETREL, empresa na época pertencente ao Estado da Bahia e responsável pelo tratamento dos resíduos industriais do Pólo Petroquímico de Camaçari, obteve também licença para este tipo de resíduo.

Em 1999 a WPA Ambiental deu a partida em suas instalações para a disposição de resíduos impermeáveis por lavagem com solvente clorado, localizada na Cidade de Pato Branco, estado do Paraná. Em 2004 a empresa francesa CGEA Brasil, pertencente ao Grupo Vivendi, iniciou as operações de sua subsidiária Tecori operando também uma planta de disposição final de resíduos impermeáveis de PCBs. Até este momento, estas são as instalações licenciadas no país para a disposição de resíduos PCB. Vários incineradores localizados no estado de São Paulo, notadamente o pertencente à Ciba-Geigy, hoje Essencis, solicitaram licenciamento para disposição de PCBS. No entanto, sem sucesso junto ao órgão estadual de meio ambiente que reprovou os sucessivos testes de queima.

#### a) Haztec Tribel:

A empresa ([www.haztec.com.br](http://www.haztec.com.br)) opera o incinerador instalado e licenciado pela Bayer na década de 1990. A Bayer operou a planta desde sua partida até o ano de 2002 quando, através de uma “joint-venture” com a empresa francesa TREDI, foi criada a TRIBEL – Tratamento de Resíduos Industriais de Belfort Roxo. A Tribel operou como

empresa independente da Bayer, embora localizada no complexo industrial da Bayer em Belfort Roxo. Este empreendimento foi rompido em 2008 com a retirada da Tredi da sociedade. A Bayer, tendo retomado a posse dos equipamentos e da Tribel, negociou a venda do empreendimento para a Haztec, atual proprietária, com a condicionante de que a compradora deveria remover os equipamentos da área da Bayer em Belfort Roxo e reinstalá-los em outro local. A Haztec obteve para isso Licença de Instalação do INEA-RJ para uma área de sua propriedade no Distrito Industrial de Santa Cruz, Município do Rio de Janeiro.

O representante da empresa, Sr. Johny Teixeira Rocha, compareceu à reunião de projeto do dia 28/06/2011 e informou que ainda não há data definida para a transferência das instalações. Foi solicitado o envio das mesmas informações relativas à unidade industrial, mas igualmente não houve resposta.

Sabe-se, no entanto, através do conhecimento da planta que o incinerador é do tipo rotativo cuja capacidade total é de 7.000 t/ano. O incinerador dispõe de sistema de purificação de gases por lavagem com solução alcalina em contra-fluxo, que gera efluente líquido tratado na própria planta por estação de tratamento de efluentes de uso específico.

A planta dispõe também de um incinerador “estático” destinado a calcinar as carcaças de transformadores para posterior envio a fornos siderúrgicos, tendo sido citada na reunião a Cia Siderúrgica nacional (CSN) como receptora exclusiva do material. Perguntado sobre o controle de contaminação residual das carcaças calcinadas, o representante da empresa informou não ser necessário tal controle uma vez que nos fornos siderúrgicos eventuais teores remanescentes de PCB seriam destruídos.

Neste ponto cabe comentar que os fornos siderúrgicos existentes no país não dispõem de sistemas de remoção de dioxinas e furanos clorados eventualmente presentes em suas emissões. Também devemos observar que outros compostos orgânicos complexos eventualmente gerados no processo serão igualmente emitidos para atmosfera. Seria de grande importância o controle das condições de contaminação do material calcinado no forno estático para prevenir lançamento involuntário de dioxinas e furanos na atmosfera.

A empresa não enviou cópia de sua licença ambiental de operação, impossibilitando assim uma avaliação mais detalhada, contudo foi informado pelo representante da empresa na reunião de projeto que as medições são feitas periodicamente e enviadas ao INEA-RJ. Não há fiscalização pelo órgão ambiental das condições de operação do equipamento, não havendo também qualquer limitação de quantidade total emitida. Também não foram fornecidas quaisquer ilustrações sobre o processo industrial ou os limites de emissões praticados.

A empresa também não informou qualquer cronograma para a transferência do incinerador, não sendo possível avaliar a sua capacidade disponível para as PCBs no período previsto para o pico da eliminação destes resíduos, 2015 a 2025. A empresa tem também compromissos assumidos com outros resíduos para seu incinerador, notadamente os resíduos provenientes das empresas Bayer, garantidos contratualmente.

Contato:

Johny Teixeira Rocha  
Email: [johny.teixeira@haztec.com.br](mailto:johny.teixeira@haztec.com.br)

**b) Cetrel Lumina:**

A empresa ([www.cetrel-lunima.com.br](http://www.cetrel-lunima.com.br)) opera as instalações da CETREL após sua privatização. A empresa foi originalmente constituída para o tratamento dos resíduos e

efluentes do Pólo Petroquímico de Camaçari com seu controle acionário pertencendo majoritariamente ao Estado da Bahia. Além do estado, cada empresa do pólo possuía cotas do capital em proporções variadas. A empresa dispunha originalmente de um incinerador para resíduos em estado líquido, instalado em 1991, conectado diretamente às linhas de resíduos clorados das empresas petroquímicas do pólo. Posteriormente (1998) foi adquirido e licenciado um incinerador para resíduos em estado sólido, destinado ainda a atender às empresas cotistas. Além destes sistemas, a empresa opera um sistema de tratamento de efluentes líquidos que conta com um emissário submarino.

No início dos anos 2000 a empresa, visando sua preparação para o processo de privatização, passou a atuar no mercado de resíduos em todo o país, sendo já então a disposição das PCBs um de seus produtos. Após a privatização das empresas petroquímicas do Pólo de Camaçari, o controle acionária da CETREL passou ao Grupo Odebrecht que controla também a empresa prestadora de serviços de incineração do Pólo Cloroquímico de Alagoas, CINAL. A partir de então, a empresa atua no mercado concorrendo com as demais prestadoras de serviço.

A capacidade nominal de seu incinerador de resíduos em estado líquido é de 10.000 t/ano das quais cerca de 60% estão comprometidas com os resíduos provenientes do pólo de Camaçari. A descrição do sistema a seguir, foi extraída do site da empresa: "**O sistema é composto de uma câmara de combustão, onde estão localizados quatro injetores de resíduos líquidos, um injetor de resíduos gasosos, três queimadores para gás combustível e um queimador para águas contaminadas. Os gases de combustão gerados são resfriados e lavados quimicamente, permitindo à planta superar os padrões legislados de emissões atmosféricas. O equipamento tem eficiência de remoção e destruição para PCBs de 99,9999% e para resíduos líquidos em geral de 99,99%.**".

O incinerador para resíduos em estado sólido é do tipo rotativo e possui capacidade nominal de 7.500 t/ano. Da mesma forma a empresa tem o compromisso de atender prioritariamente às empresas cotistas, podendo comercializar sua capacidade ociosa, se houver.

O representante da empresa, Sr. Claudio Diaz, compareceu à reunião de projeto do dia 28/06/2011 e informou que a empresa poderia disponibilizar grande capacidade para a disposição das PCBs quando fosse necessário. Foi solicitado o envio das mesmas informações relativas à unidade industrial, mas tal como no caso da duas anteriores, não houve resposta.

É interessante notar que, em virtude da Constituição do Estado da Bahia proibir a construção de aterros para resíduos industriais no estado, a CETREL dispõe de uma licença para aterro de Resíduos "Especiais", categoria inexistente na regulamentação do país.

Contato:

Claudio Diaz  
Email: [claudio.diaz@cetrel-lumina.com.br](mailto:claudio.diaz@cetrel-lumina.com.br)

**c) Tecori:**

A empresa ([www.tecori.com.br](http://www.tecori.com.br)), localizada na Cidade de Pindamonhangaba, estado de São Paulo, entrou em operação no ano de 2001, por iniciativa do grupo francês Vivendi. A planta opera um sistema de descontaminação de resíduos sólidos impermeáveis com tecnologia desenvolvida pela empresa também francesa Aprochim do grupo Chimirec. ([www.chemirec.fr](http://www.chemirec.fr)). É importante observar que o grupo francês já não utiliza mais a tecnologia de lavagem por solvente, substituída pela tecnologia de

“dessorção a vácuo” para eliminar a utilização de solventes clorados danosos à camada de ozônio.

Nos dois casos, a empresa Aprochim segue a regulamentação francesa, Decreto 02/02/1987, modificado pelo Decreto 2001-63 de 18/01/2001 que regulamenta a gestão de PCBs no país. Em seu website a empresa informa que o material metálico descontaminado é enviado para as fundições parceiras licenciadas para disposição de PCBs.

O processo Tecori foi apresentado por seu representante à reunião de 28/06/2011, Sr. Ricardo Valente, e consiste das seguintes etapas:



Vista geral da planta Tecori

- Abertura das unidades e remoção da parte ativa.



- “Afrouxamento” das chapas do núcleo e demais conexões mecânicas
- Colocação do tanque e parte ativa em “autoclave”



- Injeção do solvente “tetracloroetileno” em fase vapor na autoclave.
- Recolhimento do solvente em estado líquido no fundo da autoclave.
- Recirculação do solvente após purificação.
- Desmontagem do equipamento e separação dos diversos materiais.
- Envio dos permeáveis para incineração em terceiros
- Análise do teor de PCBs residual nos impermeáveis
- Liberação dos materiais impermeáveis.

O representante da empresa também informou que a desmontagem inicial é feita sobre piso de grade de aço vazado para sistema coletor de líquidos PCB. Informou também que através do mesmo piso é feita a circulação e filtragem por carvão ativo de todo o ar da planta para remoção de PCBs.



**Vista da área aspirada da planta**

O representante da empresa informou ainda que, embora disponham de laboratório próprio para análise do produto e matéria prima, as análises são conduzidas em terceiros por razões econômicas.

Durante a reunião de 28/06/2011 foram solicitadas informações sobre a empresa tendo sido enviadas as informações a seguir:

- *Capacidade prevista de suas instalações para processamento de resíduos PCB no período de 2015 a 2025.*

*Capacidade atual em 2011: Descontaminação e reciclagem de materiais sólidos impermeáveis contaminados com PCBs = 2.500 ton/ano*

*Capacidade atual em 2011 (partida prevista para outubro de 2011): Descontaminação de óleos isolantes contaminados com PCBs = 4.320 ton/ano*

*Total capacidade de tratamento de resíduos de PCBs em 2011 = 6.820 ton/ano*

*Capacidade prevista para 2015, desde que haja demanda do mercado:*

*Descontaminação e reciclagem de materiais sólidos impermeáveis contaminados com PCBs = 5.000 ton/ano*

*Descontaminação de óleos isolantes contaminados com PCBs = 8.640 ton/ano*

*Total capacidade de tratamento de resíduos de PCBs prevista para 2015 = 13.640 ton/ano*

*Capacidade prevista para o período de 2015 até 2025*

*Em havendo demanda “efetiva” do merado de destinação final de resíduos de PCBs, a TECORI estará ampliando suas instalações sempre com módulos de aumento de capacidade:*

*2.500 ton/ano , para a tecnologia de Descontaminação e reciclagem de materiais sólidos impermeáveis contaminados com PCBs*

*4.320 ton/ano, para a tecnologia de Descontaminação de óleos isolantes contaminados com PCBs*

- *Qual a tecnologia utilizada e sua origem.*

*Descontaminação e reciclagem de materiais sólidos impermeáveis contaminados com PCBs: Processo de extração dos PCBs com um solvente clorado, em circuito fechado a vácuo, desenvolvido pela Procind a partir da Tecnologia da Aprochim – França*

*Descontaminação de óleos isolantes contaminados com PCBs: Processo de reação com solução de sódio metálico disperso em óleo, desenvolvido pela Procind com consultoria da Fluidex do Brasil.*

- *Cópia da licença ambiental de operação.*  
*Anexo a L.O. Cetesb 3002912 da Unidade de Descontaminação de materiais sólidos impermeáveis contaminados com PCBs, e a L.I. e L.P. Cetesb 3000309 da Unidade de descontaminação de óleos contaminados com PCBs e de regeneração de óleos isolantes isentos de PCBs*
- *Parâmetros de qualidade e formas de monitoramento.*

*Processo de Descontaminação e reciclagem de materiais sólidos impermeáveis contaminados com PCBs:*

**QUALIDADE-** Os materiais após o processo de descontaminação somente são liberados para reciclagem se apresentarem teor residual de PCBs inferior a 40 mg/kg, portanto inferior aos 50 mg/kg exigido no Estado de São Paulo segundo a Lei 12.288, limite este adotado pelas Diretivas da CE.

**MONITORAMENTOS:**

*Águas subterrâneas* das instalações da TECORI: 1 poço de monitoramento a montante e 2 a jusante, com frequência de coleta e análise bi-anual, auditado pela Cetesb, para os parâmetros; PCBs, PCE e TCB.

*Emissões atmosféricas* do ar de exaustão das instalações da TECORI: Coleta e análise bi-anual, auditado pela Cetesb, para os parâmetros; PCBs, PCE e TCB.

*Fitossanitário*: 7 pontos de coletas de solo e gramineas para análise bi-anual, auditado pela Cetesb, para os parâmetros; PCBs, PCE e TCB, sendo 2 pontos de colata no terreno da Tecori, 4 pontos no seu entorno, e 1 ponto “em branco”, no Instituto Agronômico de Pindamonhangaba.

*Obs. Não há monitoramento dos efluentes líquidos, visto não haver geração deste tipo de efluente no processo TECORI.*

*Descontaminação de óleos isolantes contaminados com PCBs:*

**QUALIDADE:** Os óleos após o processo de descontaminação somente são regenerados nas próprias instalações da TECORI, ou reciclados diretamente para diversos fins, se o teor residual de PCBs for inferior a 2 mg/kg, ou seja, isento de PCBs, conforme exigido no Estado de São Paulo segundo a Lei 12.288, limite este adotado pelas Diretivas da CE.

**MONITORAMENTO:** as mesmas do Processo de Descontaminação de materiais sólidos impermeáveis, e mais o monitoramento dos efluentes líquidos para os parâmetros de PCBs, PCE e TCB.

- *Investimentos ligados a PCBs realizados nos últimos 2 anos e a realizar nos próximos anos (até 2025).*

*Nos 2 últimos anos foram gastos com custos operacionais, respectivamente em 2009 e 2010, R\$ 1.512.000,00 e R\$ 2.620.000,00*

*Em 2010 e 2011, investimentos incorridos e previstos de R\$ 600.000,00 Em 2014 / 2015 (desde que haja demanda de mercado) R\$ 2.100.000,00*

*Nos demais anos de 2015 até 2025 (desde que haja demanda de mercado) R\$ 2.100.000,00/ano*

É importante observar o que segue a respeito deste processo:

- A empresa garante a descontaminação dos sólidos impermeáveis até o limite máximo de contaminação residual de 40 ppm/p de PCBs. Este valor leva às distorções apontadas no item 4, subitem g. O teor absoluto de PCBs liberado ao ambiente será dependente da densidade e massa total do substrato.
- A purificação do solvente utilizado, descrita pelo representante da empresa como “destilação” constitui-se, na realidade de evaporação do solvente em um “boiler”. Desta forma, o arraste de PCBs para o solvente purificado irá provocar, no equilíbrio, uma concentração de PCBs no solvente tal que impede a descontaminação a níveis mais baixos do que os especificados pela empresa.
- A desmontagem dos equipamentos contaminados no ambiente da fábrica exige a filtragem contínua de grandes volumes de ar (todo o ar interno da planta) e, consequentemente demanda grande consumo de elementos filtrantes, constituindo um ponto fraco para o controle do ambiente de trabalho.
- A coleta do líquido PCB remanescente na desmontagem pelo sistema de dreno e tubulações, cria a necessidade de descontaminação de grande quantidade de equipamentos quando do encerramento da planta.
- A Licença de Operação enviada, válida até 2012, é para “Reciclagem ou recuperação de sucatas, não metálicos diversos”. A mesma licença só menciona PCBs nas “Exigências Técnicas” 8; 9; 10 e 12 que impõem limites e controles para a contaminação por PCBs do ambiente interno e externo da planta. Apenas na observação nº 1 menciona a descontaminação de resíduos PCB.

Contato:

Ricardo Valente  
Email: [ricardo.valente@tecori.com.br](mailto:ricardo.valente@tecori.com.br)

#### **d) WPA Ambiental:**

A empresa ([www.wpaambiental.com.br](http://www.wpaambiental.com.br)), criada em 1993, iniciou suas atividades com a prestação de serviços de remoção e acondicionamento de resíduos PCB para disposição no antigo incinerador da Bayer S/A. Em 1999 deu a partida em planta de descontaminação de materiais impermeáveis utilizando tecnologia desenvolvida pela empresa americana SDMyers Inc ([www.sdmyers.com](http://www.sdmyers.com)), cujo processo de lavagem por solvente clorado aditivado atende à regulamentação norte-americana, *Code of Federal Regulations (CFR) volume 40, parte 761, capítulo 125*, e procura obter materiais impermeáveis com teor residual máximo de 100 µg/dm<sup>2</sup> de superfície. A SDMyers já não opera este processo nos Estados Unidos em função da exaustão dos resíduos PCB naquele país.

O processo industrial foi apresentado pelo representante da empresa, Sr. Angelo Rigo, na reunião de 28/06/2011 e pode ser resumido como a seguir:



**Vista geral da planta WPA**

- Remoção da tampa dos transformadores e adaptação de tampa para tratamento a vapor de solvente.
- Verificação das condições do tanque do transformador e reparo de vazamentos, se necessário.
- Injeção de solvente em fase vapor no transformador e recolhimento do solvente condensado para destilação.



- Lavagem com solvente em fase vapor até que o condensado saia claro e límpido.
- Abertura do transformador e desmontagem completa.



- Separação dos elementos permeáveis e impermeáveis.
- Embalagem dos permeáveis para envio à incineração em terceiros.
- Lavagem dos impermeáveis em máquina de lavar por tombamento com solvente destilado em fase líquida.



- Análise da contaminação superficial residual
- Comercialização do material reciclado.

O representante da empresa informou que a planta não dispõe de laboratório próprio, sendo as análises de controle de processo, qualidade e ambiental, realizadas por terceiros.

Durante a reunião de 28/06/2011 foram solicitadas informações sobre a empresa tendo sido enviadas as informações a seguir:

*1. Capacidade prevista de suas instalações para processamento de resíduos PCB no período de 2015 a 2025.*

*R1: Destinação final de transformadores PCB = 1.200 t/ano*

*R2: Destinação final de óleo mineral isolante contaminado por PCBs = 720.000 l/ano*

*R3: Reclassificação de transformadores contaminados por PCBs = 2.000 t/ano.*

*OBS: As capacidades acima indicadas são as atuais, entretanto poderão ser rapidamente duplicadas ou até quadruplicadas, dependendo da demanda do mercado.*

*2. Qual a tecnologia utilizada e sua origem.*

*R: Descontaminação e reciclagem utilizadas sob licença de seus proprietários oriundos dos Estados Unidos e Canadá.*

*3. Cópia da licença ambiental de operação.*

*R: L.O. 14.096, 16.443 e 14.088 em anexo.*

*4. Parâmetros de qualidade e formas de monitoramento.*

*R 1: Padrões de qualidade:*

*# Destinação final de transformadores PCB: limite máximo admissível de PCBs em materiais impermeáveis = 100 µg/m<sup>2</sup>*

*# Destinação final de óleo mineral isolante contaminado por PCBs: conforme legislação < 50 mg/kg, entretanto trabalhamos com < 25 mg/kg.*

*# Reclassificação de transformadores contaminados por PCBs: conforme legislação < 50 mg/kg, entretanto trabalhamos com < 25 mg/kg.*

*R 2: Formas de monitoramento:*

*# Resíduos: Análises de teor de PCB através da contratação de laboratórios terceirizados credenciados.*

*# Planta: Análises de teor de PCB no ar interno e piso da fábrica + ar, piso e solo externo ao da fábrica, amostras através da contratação de laboratórios terceirizados credenciados.*

*5. Investimentos ligados a PCBs realizados nos últimos 2 anos e a realizar nos próximos anos (até 2025).*

*R 1: Investimentos realizados no últimos 2 anos: Estimado em R\$ 1.000.000,00*

*R2: Investimentos a realizar nos próximos anos: Dependendo da demanda de mercado poderá chegar a R\$ 5.000.000,00.*

É importante observar o que segue a respeito deste processo:

- A injeção de solvente em fase vapor antes da abertura do equipamento para desmontagem reduz a exposição do ambiente as PCBs e, consequentemente, a necessidade de purificação do ar ambiente.
- A lavagem do material impermeável por tombamento após a lavagem com solvente em fase vapor possibilita níveis elevados de descontaminação.
- A purificação do solvente por destilação em equipamento dotado de torre de fracionamento garante níveis elevados de pureza no solvente utilizado.
- As licenças apresentadas não apresentam qualquer particularidade digna de nota.,

## **6) PROPOSTA DE UTILIZAÇÃO DOS SÍTIOS DE DEMONSTRAÇÃO:**

Conforme descrito em nosso relatório Produto 02: “O objetivo dos projetos de demonstração é a execução, de forma supervisionada, de todas as ações previstas no sistema de gestão como instrumento de verificação e realimentação do sistema. Adicionalmente, os projetos de demonstração proporcionarão um cenário real e prático para a complementação dos programas de treinamento e divulgação. O projeto BRA/08/G32 prevê:

**“Discussões iniciais com proprietários de sítios em relação a sítios de demonstração. Sítios de demonstração serão utilizados neste projeto principalmente como oportunidades de treinamento e oportunidades de verificação da eficácia das orientações e normas desenvolvidas neste projeto (Anos 1 e 2);”**

Assim deverão ser selecionados sítios de demonstração que apresentem todas as situações sobre as quais o sistema de gestão deva interferir. Para isso, deverão ser selecionados sítios para a execução das seguintes atividades:

**α) Sítio com Equipamentos PCB em operação:**

Neste sítio deverão ser adotadas inicialmente as medidas propostas para a gestão de ativos. O local de operação deverá ser adequado ao produto com a instalação dos requisitos físicos correspondentes como isolamento das demais áreas de trabalho, controle de acesso, meios de contenção de vazamentos, sinalização, rotulagem e adoção de procedimentos de manutenção preventiva adequados ao produto. Neste tipo de sítio poderão também ser avaliados os procedimentos de campo para a remoção dos equipamentos, embalagem e rotulagem dos resíduos, acondicionamento em veículos e transporte.

Também deverão ser selecionados sítios de demonstração com equipamentos PCB passíveis de reclassificação para não PCB. Nestes sítios, além dos procedimentos acima, poderão ser avaliados os procedimentos para a reclassificação em campo dos transformadores contendo óleo mineral contaminado, incluindo as práticas de substituição ou tratamento em campo do meio isolante mineral contaminado por PCBs. Para este tipo de sítio sugere-se instalações industriais de empresas públicas ou privadas que possuam subestações elétricas com transformadores PCB. No caso de empresas públicas, as medidas de gestão deverão ser executadas por pessoal especializado, treinado em conformidade com o prescrito e contratado no âmbito do projeto **BRA/08/G32**. Para empresas privadas, a execução ficará a cargo das próprias empresas e deverá servir como “estudo de caso” para treinamento de pessoal sob a supervisão de consultores contratados pelo projeto. Os custos dos empreendimentos poderão ser contabilizados na contrapartida do projeto.

As sugestões iniciais para contato com os potenciais interessados são:

- Empresas privadas:

Duke Energy Geração Paranapanema:

Sr. Miguel Conrado Filho

Email: [mcfilho@duke-energy.com](mailto:mcfilho@duke-energy.com)

Cia Siderúrgica Nacional – CSN

Sr. André Luiz Barroso Magno

Email: [andre.barroso@csn.com.br](mailto:andre.barroso@csn.com.br)

- Empresa pública:

Manaus Energia

Aguardando contato.

**β) Sítios com equipamentos PCB retirados de operação:**

Neste tipo de sítio deverão ser verificadas as medidas de gestão prescritas para a remoção e movimentação de resíduos PCB em áreas internas a plantas industriais ou outras facilidades produtivas. Deverão também ser verificadas as prescrições para armazenagem tanto de pequenas quantidades em locais adaptados para armazenagem de curto prazo, como para a armazenagem em armazéns construídos e licenciados para este fim. Deverão ser verificados e revistos os procedimentos para projeto e construção de armazéns, as medidas de segurança e higiene destas áreas além da adequação dos locais escolhidos.

Especial atenção deverá ser dada aos procedimentos de acomodação e organização dos resíduos no armazém, bem como aos controles relativos ao estado dos resíduos, entrada e saída de materiais da área de armazenagem.

As sugestões iniciais para contato com os potenciais interessados são:

- Empresa privada:  
AES Eletropaulo  
Sr. Alexandre Teixeira de Souza Machado  
Email: [alexandre.souza@aes.com](mailto:alexandre.souza@aes.com)

- Empresa pública:  
Cia Paranaense de Energia - COPEL  
Sr. Roberto Jasinski  
Email: [roberto.jasinski@copel.com](mailto:roberto.jasinski@copel.com)

#### **χ) Sítios com resíduos PCB prontos para destinação:**

Nestes sítios deverão ser feitas as verificações relativas principalmente aos procedimentos para remoção, movimentação dos resíduos, embalagem e acondicionamento para transporte. Os procedimentos de transporte rodoviário poderão ser observados e os riscos específicos dessas operações avaliados. Estes casos deverão ser utilizados para o treinamento de campo das empresas transportadoras e seu pessoal operacional.

Estes mesmos casos deverão ser utilizados para a avaliação dos processos selecionados para destinação final, os procedimentos das empresas prestadoras de serviços, seus controles, métodos de rastreamento, etc.

As sugestões iniciais para contato com os potenciais interessados são:

- Empresa privada:  
USIMINAS /COSIPA:  
Sr. Leonardo Lopes de Oliveira Silva  
Email: [leonardo.lopes@usiminas.com](mailto:leonardo.lopes@usiminas.com)

Rhodia  
Sr. Ezio Musetti Neto  
Email: [ezio.musetti@br.rhodia.com](mailto:ezio.musetti@br.rhodia.com)

- Empresa pública:  
Cia Hidro Elétrica do São Francisco - CHESF  
Sr. Djalma Gomes  
Email: [dgomes@chesf.gov.br](mailto:dgomes@chesf.gov.br)

Celesc Distribuição S.A - CELESC

Sra. Marcia Denise Butuhy  
Email: [marciadb@celesc.com.br](mailto:marciadb@celesc.com.br)

**δ) Sítios com instalações e equipamentos potencialmente contaminados por PCBs:**

Nestes sítios deverão ser verificados os procedimentos para avaliação dos equipamentos remanescentes nas subestações, bem como as demais estruturas da própria subestação, após a remoção dos equipamentos PCB. Uma vez que os equipamentos PCB tenham sido removidos e adequadamente destinados, será necessário verificar a contaminação residual nos demais equipamentos presentes na instalação, bem como a contaminação eventualmente presente nas próprias instalações. Deverão ser verificados os métodos de verificação da contaminação e os métodos empregados para a descontaminação de equipamentos e instalações. Para estes casos, poderão ser utilizadas quaisquer das empresas já citadas anteriormente por tratar-se de trabalho complementar à remoção e destinação de resíduos.

**ε) Áreas contaminadas por PCBs:**

Estes sítios, em função do caráter específico dos serviços necessários, das implicações sociais e dos riscos que envolvem estas situações, deverão ser selecionados entre áreas já catalogadas pelos órgãos estaduais de meio ambiente. A utilização destes sítios permitirá verificar a aplicação dos procedimentos já existentes para a gestão de áreas contaminadas à contaminação ambiental por PCBs. Além de impulsionar a recuperação de áreas importantes que de outra forma permanecerão degradadas. Estes sítios poderão ser utilizados também para o treinamento do pessoal dos diversos órgãos estaduais de meio ambiente nos procedimentos de gerenciamento de áreas contaminadas, o que irá atender à implementação da Convenção de Estocolmo como um todo no país. Para este caso especificamente sugere-se:

- Fazenda Ipanema: Antiga área da extinta FEPASA na região de Sorocaba, estado de São Paulo, sob a responsabilidade da CETESB.
- Áreas a selecionar, pertencentes à extinta RFFSA, hoje sob a responsabilidade da Diretoria do Patrimônio da União.

**7) CONCLUSÕES:**

A avaliação das tecnologias disponíveis a nível mundial para a disposição e tratamento dos resíduos PCB mostrou a existência de vários desenvolvimentos tecnológicos recentes capazes de oferecer vantagens ambientais quando comparados às tecnologias tradicionais. As novas tecnologias de pirólise a plasma, redução por hidrogênio e oxidação sob pressão são capazes de eliminar ou diminuir significativamente os problemas de emissões involuntárias de dioxinas e furanos no tratamento de resíduos PCB. Estas tecnologias, notadamente as de pirólise a plasma e oxidação sob pressão, por prescindirem da reação de combustão para geração da energia necessária à reação, são de controle mais exato e apresentam maior continuidade e homogeneidade de resultados. Nenhuma delas, no entanto, encontra-se disponível no Brasil, seja para as PCBs ou para outros resíduos.

As tecnologias oferecidas no Brasil são, sem exceção, desenvolvimentos das décadas de 70 e 80, muitas delas já não utilizadas pelos próprios desenvolvedores que atualmente aplicam tecnologias mais recentes, mesmo no caso da incineração. De forma geral, as empresas sediadas no Brasil apresentam deficiências, seja de

licenciamento da própria tecnologia ou de rastreamento e controle de processo. Embora as capacidades nominais somadas se aproximem da demanda prevista em nosso relatório anterior (produto 2) deve-se lembrar que esta capacidade, no caso das incineradoras, não estará totalmente disponível para as PCBs. No caso das incineradoras é importante lembrar ainda que a situação relativa ao incinerador Haztec, antigo incinerador Bayer, está ainda indefinida por razão da relocação exigida pela Bayer, proprietária do sítio. Não há garantias de que após a relocação o equipamento volte a operar a contento.

Com relação as recicladoras, observamos que, de um lado há claros problemas de inadequação tecnológica na utilização de processo de lavagem dos equipamentos sem o respectivo desmonte e reutilização de solvente não destilado e, de outro lado, evidente falta de capacidade produtiva no processo de tecnologia norte-americana.

## 8) RECOMENDAÇÕES:

Diante do observado nas avaliações conduzidas neste trabalho, recomenda-se o que segue:

- Estímulo à entrada no mercado nacional das empresas estrangeiras que já demonstraram interesse, seja as instaladas no exterior, seja aquelas que desejam encontrar parceiros para instalação no Brasil. Sugere-se especificamente a promoção de encontros entre estas empresas e possíveis parceiros nacionais.
- Desenvolver trabalhos de auditoria de avaliação de qualidade de processo e de conformidade ambiental nas empresas aqui instaladas, por empresa de auditoria independente, preferencialmente estrangeira. Estes trabalhos deveriam ser idealmente financiados por meio de realocação de verba do projeto **BRA/08/G32**.
- Com relação aos sítios de demonstração, sugere-se iniciar contato com as instituições aqui enumeradas de forma a viabilizar sua participação no desenvolvimento do projeto.

## 9) BIBLIOGRAFIA:

- α)Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento, Global Environment Facility, República Federativa do Brasil; Projeto BRA/08/G32 – Estabelecimento de sistema de gestão de resíduos PCB no Brasil.
- β)Projeto BRA/08/G32, Fernandes, P, O; GT 02 Produto 01.
- χ)Projeto BRA/08/G32, Fernandes, P, O; GT 02 Produto 02.
- δ)Associação Brasileira de Normas Técnicas, ABNT, NBR-8371, Ascaréis para Transformadores e Capacitores - Procedimento.
- ε)Decreto Federal 2001-63 de 18/01/2001 – Republica da França
- φ)Federal Register, Environmental Protection Agency, CFR-40, Part 761, July, 1, 1990.
- γ)Fernandes P.O; Líquidos Isolantes para Aplicações Especiais, Manutenção e Serviços, nr.8, Janeiro de 1989.

São Paulo, julho de 2011

Paulo de Oliveira Fernandes