

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

**Produto 1, Relatório de Atividades: Problemas e soluções para discussão na primeira oficina técnica.**

**São Paulo, dezembro de 2010**  
**Paulo Fernandes**  
Consultor Técnico GT2  
CONTRATO Nº2010/000708



**Produto 01** - Relatório contendo as principais atividades, arranjos institucionais, árvore de problemas e soluções apresentadas para discussão na primeira oficina técnica com a finalidade de definir os papéis e responsabilidades com os atores chaves do projeto no que diz respeito à gestão de resíduos de PCB e sistema de disposição;

## 1) INTRODUÇÃO:

O projeto BRA/08/G32 irá elaborar uma proposta para o “Plano nacional de gerenciamento e eliminação de Bifenilas Policloradas (PCBs)”, que comporá o “Plano nacional de Implementação” da convenção de Estocolmo no Brasil. Este primeiro relatório do GT 02 apresenta uma descrição sucinta do produto e suas principais características. Após a apresentação de um breve histórico da questão das PCBs no mundo, é feito um comentário resumido da legislação existente no Brasil e nos países onde existe regulamentação mais detalhada. De forma a possibilitar a proposição de um plano de gerenciamento e eliminação que seja consistente em si e ainda, coerente com as condições econômico-sociais do país, são apresentadas as principais atividades, arranjos institucionais, árvore de problemas e soluções para discussão na primeira oficina técnica com a finalidade de definir os papéis e responsabilidades com os atores chaves do projeto no que diz respeito à gestão de resíduos de PCB e sistema de disposição.

São também apresentados os principais atores envolvidos no problema e uma sugestão de lista de convidados para participação na “primeira oficina” que irá discutir os principais problemas e soluções aqui apresentados.

### 1.1) APRESENTAÇÃO DO PRODUTO:

As Bifenilas Policloradas (PCBs) são compostos aromáticos clorados cuja família é constituída por cerca de 209 compostos diferentes. Os produtos comerciais fabricados à base de PCBs utilizavam misturas de compostos nas quais predominam desde as tricloro-bifenilas até as heptacloro-bifenilas. Cada Bifenila Policlorada apresenta um número de isômeros que irá variar de acordo com a PCB específica.

Ascaréis são líquidos isolantes elétricos constituídos por uma mistura de 60 a 40% de Triclorobenzeno (TCB) e igual proporção de Bifenilas Policloradas (PCBs). Líquidos isolantes assim formulados apresentam boas características dielétricas e grande estabilidade térmica e química, motivo pelo qual constituíram a maior aplicação das PCBs. Em função da larga difusão desta utilização, o termo “Ascarel”, originalmente a marca registrada da Monsanto para seus produtos à base de PCBs, passou a ser utilizado no Brasil como sinônimo de Bifenila Policlorada.

Os Ascaréis foram desenvolvidos no final da década de 30 nos EUA, com o objetivo de serem utilizados em transformadores e capacitores instalados em áreas onde os riscos de incêndio e explosão devem ser minimizados, isto é, subestações elétricas localizadas no interior de prédios, veículos como trens e navios, ou em locais com transito freqüente de pessoas.

Devido à grande estabilidade do produto, que é incombustível a temperaturas de até 600º C, apresentou grande eficácia para esta finalidade e foi largamente utilizado o até o final da década de 70 quando foi incluído entre as substâncias classificadas como poluentes orgânicos persistentes.

A tabela 1, a seguir, apresenta as principais marcas comerciais dos óleos isolantes elétricos tipo Ascarel.

**TABELA 1**  
**MARCAS COMERCIAIS DOS ASCARÉIS<sup>(8)</sup>**

<b>MARCA</b>	<b>FABRICANTE</b>
Aroclor	Monsanto USA
Chlorextol	Allis - Chalmers USA
Clophen	Bayer Alemanha
Dykanol	Federal Pacific Electric Co. USA
Fenclor	Caffaro S.P.A Itália
Inerteen	Westinghouse USA
Kanechlor	Kanegafuchi Japão
NoFlamol	Wagner Electric Corp. USA
Phenoclor	Prodelec França
Pyralene	Prodelec França
Pyranol	General Electric USA
Santotherm	Mitsubibishi/Monsanto Japão

## 1.2) HISTÓRICO:

a) Durante a década de 20, a utilização de equipamentos elétricos difundiu-se de forma generalizada no mundo, notadamente nos EUA, com o uso intensivo de transformadores elétricos em subestações prediais. Estes equipamentos eram até então isolados exclusivamente por óleos de origem mineral, obtidos pela destilação do petróleo e, portanto, de natureza combustível.

Neste período, ocorreram vários casos de incêndio provocados por falha, geralmente arco elétrico, nos transformadores que provocavam a combustão do líquido isolante e a consequente propagação e alastramento do fogo.

b) Na década de 30, a regulamentação pública nos EUA sobre instalações elétricas passou a exigir que os transformadores em subestações prediais ou naquelas onde houvesse o risco de incêndio em áreas próximas, fossem fabricados com líquido isolante não inflamável e não propagador de chama. A partir de então, foram desenvolvidas várias formulações de óleos isolantes para

transformadores baseadas nas PCBs, devido à sua característica de não flamabilidade.

As formulações baseadas na mistura de PCBs e TCB apresentam boas características isolantes, grande durabilidade e grande eficácia quanto a não propagação de chama. Nas condições de falha em transformadores, a mistura é praticamente não inflamável. Assim, a sua utilização como líquido isolante de segurança foi largamente difundida por todo o mundo a partir desta época.

c) Na década de 60, a Organização das Nações Unidas (ONU) estabeleceu um programa de monitoramento global de alguns poluentes considerados perigosos, entre eles o DDT, até então largamente utilizado como defensivo agrícola. Nas análises de DDT realizadas por diferentes laboratórios em vários países e em vários tipos de substratos ambientais, foi detectado um outro composto, presente em vários dos substratos pesquisados, identificado como sendo Bifenilas Policloradas.

O prosseguimento desta monitoração demonstrou que as PCBs estavam globalmente dispersas no meio ambiente terrestre. As PCBs foram então, incluídas na relação das Nações Unidas como um dos poluentes preferenciais.

d) Em 1968, na cidade de Yusho, capital da ilha de Kyusho, no Japão, ocorreu o superaquecimento de um dos trocadores de calor usados na refrigeração de óleo de farelo de arroz para fins alimentícios. O líquido refrigerante deste trocador de calor era à base de PCBs e foi accidentalmente misturado ao óleo comestível que foi embalado e comercializado entre a população local.

A população de Yusho passou a apresentar um conjunto de sintomas patológicos, denominados então de "Mal de Yusho", que incluíam cloroacne, hiperqueratose, bronquite, edema e entorpecimento dos membros, entre outros. Estas ocorrências foram atribuídas à ingestão das PCBs misturadas ao óleo comestível.

e) Aproximadamente na mesma época, em um grupamento habitacional construído sobre um antigo aterro químico já encerrado, pertencente à Westinghouse Electric corporation, chamado de Love Canal, no estado de Nova Iorque, EUA, foram detectadas PCBs no solo e lençol freático. Vários dos sintomas atribuídos ao "Mal de Yusho" foram observados entre a população local.

f) Em 1971 a Monsanto, maior produtor mundial de especialidades químicas à base de PCBs, restringiu voluntariamente as utilizações dos seus produtos, pressionada pela repercussão dos acidentes junto à opinião pública.

g) Em 1975 a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA), envia ao congresso norte americano o projeto da Lei de Controle de Substâncias Tóxicas (TSCA) que inclui as PCBs. O projeto de lei é aprovado em 1976, porém o capítulo relativo às PCBs é alvo de uma série de ações judiciais que contestam, basicamente, o caráter tóxico do produto e algumas disposições relativas ao manuseio e prazos para eliminação de equipamentos em operação.

A legislação é sancionada pelo executivo em 1979 e recebe alterações resultantes das ações judiciais em 1982, 1985, 1988 e 1989. Estas alterações referem-se à classificação do produto, que deixa de ser considerado como tóxico e aos prazos para eliminação dos equipamentos elétricos em operação, que deixa de ser fixado em lei e passa a ser dependente das condições de funcionamento dos equipamentos.

h) No Brasil, é promulgada em 1981 a Portaria Interministerial 019 (MIC, MI, MME) que proíbe a comercialização e uso das PCBs em todo o território nacional.

i) Estudos posteriores aos acidentes de Kyusho e Love Canal demonstraram que vários dos sintomas observados em ambos os episódios eram, em realidade, devidos às “bibenzo-dioxinas Policloradas” e aos “dibenzo-furanos policlorados”. Estes compostos são formados quando da oxidação parcial das PCBs em condições de insuficiência de Oxigênio ou energia. A pesar destas constatações, as PCBs não foram retiradas do TSCA em função dos seus vários efeitos nocivos à saúde e ao meio ambiente. Apesar das sucessivas alterações introduzidas na legislação norte americana, os dispositivos relativos à proteção humana e ambiental permanecem os mesmos.

### 1.3) PRINCIPAIS APLICAÇÕES:

Devido às suas características de grande estabilidade térmica e química e também às suas propriedades bacteriostáticas, formulações à base de PCBs foram largamente aplicadas para outras finalidades além do isolamento elétrico. Seus usos podem ser divididos em dispersivos e não dispersivos.

Os usos não dispersivos são aqueles em que o produto encontra-se em dispositivos ou equipamentos totalmente selados, sem contato direto com o meio ambiente e os usos dispersivos são aqueles em que o produto é usado em contato direto com o ambiente.

Os principais usos não dispersivos das formulações à base de PCBs foram para isolamento elétrico nas condições já descritas, e como fluidos de troca térmica em trocadores de calor. Este tipo de aplicação possibilitou que, após cessada a utilização do produto, os estoques existentes pudessem ser controlados.

Os principais usos dispersivos das PCBs estavam baseados nas suas propriedades bacteriostáticas. Foram empregados com intensidade em produtos de limpeza e desinfecção hospitalar como sabonetes cirúrgicos, produtos de limpeza de salas de cirurgia e outras instalações hospitalares.

Na área agrícola, apesar de não ter propriedades herbicidas ou pesticidas, foi utilizado como diluente para pulverização destes produtos. Foi também largamente utilizado na preservação de madeiras como proteção contra cupins. Na área industrial, foi utilizado como estabilizante de diversas formulações de plásticos e borrachas especiais, principalmente PVC e Borracha Clorada.

As utilizações agrícolas e industriais foram facilitadas pela disponibilidade do produto no mercado de sucata, pois mesmo após estar inutilizado para o uso elétrico, suas propriedades são ainda satisfatórias para aquelas aplicações.

#### **1.4) CARACTERÍSTICAS FÍSICAS e QUÍMICAS:**

As PCBs são substâncias de peso molecular elevado e, portanto, alta densidade e viscosidade, motivo pelo qual é misturado o TCB com a finalidade de obter viscosidade adequada ao uso em equipamentos elétricos.

A densidade das formulações Ascarel mais comuns encontra-se na faixa de 1,3 a 1,5 e a viscosidade a 25 Celsius, na ordem de 10 a 20 cSt.

Do ponto de vista químico são extremamente estáveis, não reagindo em condições normais com ácidos, bases, agentes oxidantes e redutores. Sua reação característica é com o Sódio metálico dando Bifenila e Cloreto de Sódio. Esta reação, no entanto, é extremamente exotérmica e de difícil aplicação prática.



A temperaturas da ordem de 400°C a 1000°C em presença de oxigênio, as PCBs oxidam-se de forma parcial, gerando compostos da classe das Dibenzodioxinas-policloradas (PCDDs) e Dibenzo-furanos-policlorados (PCDFs), que apresentam elevada toxidez. Portanto, deve-se sempre avaliar os riscos de envolvimento das PCBs em processos de temperatura elevada como incêndios e outros.

É ainda muito importante observar que quando nos referimos aos líquidos isolantes Ascarel, estamos considerando uma mistura de PCBs que contém compostos com 3 a 7 átomos de cloro por molécula. Assim, nos Ascaréis formulados para equipamentos elétricos, iremos encontrar desde triclorobifenilas até heptaclorobifenilas, incluindo todos os seus isômeros de posição, totalizando centenas de compostos diferentes.

Estes diferentes compostos irão apresentar diferenças em suas propriedades químicas, físicas e biológicas, de acordo com a PCB predominante numa dada formulação.

#### **1.5) ASPECTOS BIOLÓGICOS:**

Do ponto de vista Biológico, as PCBs apresentam como principais características, a não biodegradabilidade, a bacteriostaticidade, e a bioacumulação em tecidos animais e vegetais. Foram feitos vários estudos no sentido de determinar suas características de carcinogenicidade e mutagenicidade sem, no entanto, obter-se comprovação de acordo com os padrões da Organização Mundial de Saúde (OMS).

Do ponto de vista toxicológico as PCBs são classificadas como não tóxicas a levemente tóxicas, segundo a classificação da **ACGIH** (American Conference of Government Industrial Hygienists).

Caracterizam-se, portanto, como substâncias perigosas do ponto de vista da exposição a longo prazo e de forma contínua. A seguir, os valores de TLV (Threshold Limit Values) estabelecidos pela ACGIH:

Aroclor 1242: 1 mg/m<sup>3</sup>

Aroclor 1254: 0,5 mg/m<sup>3</sup>

Obs: 1) Aroclor 1242: PCB com 42% de cloração

Aroclor 1254: PCB com 54% de cloração

2) Valores de concentração máxima no ar seco para 8 horas diárias de trabalho.

Do ponto de vista do ser humano, sua principal característica é a acumulação nas células renais, hepáticas, adiposas e epiteliais, podendo provocar disfunções nestes órgãos após longos períodos de exposição. Sua interferência nos tecidos nervosos e células reprodutoras é ainda objeto de estudo.

As tabelas 2 e 3 a seguir, apresentam alguns dos resultados de estudos realizados para o National Institute of Occupational Safety and Health (**NIOSH**) em 1985:

**TABELA 2: TOXICIDADE AGUDA DAS PCBs<sup>(10)</sup>**

Composto	Oral/ Ratos		Dermal/Coelhos
	Forma	LD 50 g/Kg de peso da cobaia	Forma
Aroclor 1221	puro	3,98	puro
Aroclor 1232	puro	4,47	puro
Aroclor 1242	puro	8,65	puro
Aroclor 1248	puro	11,0	puro
Aroclor 1260	a 50% em óleo de milho	10,0	a 50% em óleo de milho
Aroclor 1262	a 50% em óleo de milho	11,3	a 50% em óleo de milho
Aroclor 1268	a 50% em óleo de milho	10,9	a 50% em óleo de milho

**TABELA 3: EFEITOS DAS PCBs NO SISTEMA DE DEFESA IMUNOLÓGICA<sup>(10)</sup>**

Espécie	Composto/Dose	Efeitos Biológicos
Ratos	Kanechlor-400 na dieta alimentar	Aumento da incidência de pneumonia, surgimento de abcessos pleurais e intracranianos
Macacos	PCBs	Observou-se pneumonia e diarréia como principais causas de morte.
Macaco Rhesus	PCBs	Linfopenia
Homem	Pacientes de Kyusho	Infecções crônicas das vias aéreas, persistentes por vários anos.

As PCBs apresentam ainda características alergenas acentuadas podendo provocar reações significativas nos sistemas respiratório e epitelial.

É muito importante observar ainda que o óleo isolante ASCAREL, contém o TCB como constituinte da mistura. Os TCBs são substâncias classificadas como tóxicas (classe 6.1 ONU), cujo TLV é de 5 ppm (partes por milhão) pico máximo de exposição.

Assim, quando são avaliadas as características biológicas dos “Ascaréis”, deve-se levar em conta os dois componentes da mistura.

## **1.6) ASPECTOS AMBIENTAIS:**

Devido às suas características de não biodegradabilidade, bacteriostaticidade e bioacumulação, as PCBs são classificadas internacionalmente como “Poluentes Orgânicos Persistentes” (POPs).

a) A sua não biodegradabilidade, significa que as PCBs não são processadas por nenhum microrganismo da natureza e, como possuem também elevada estabilidade química, permanecem no meio ambiente por períodos de tempo extremamente longos. Por serem substâncias bio acumulativas, tendem a acumular-se nas células dos seres vivos, constituindo sério risco para a estabilidade do ecossistema terrestre e para a saúde dos seres humanos.

b) A bioacumulação do produto atinge a cadeia alimentar humana. Em termos práticos, isto significa que ao se contaminar o meio ambiente, cada ser vivo em contacto com o meio irá concentrar as PCBs sucessivamente em seu organismo, fazendo com que o grau de contaminação seja maior nos organismos em posição superior na cadeia alimentar.

A presença das PCBs já foi detectada em espécies da fauna marinha dispersa por todo o globo terrestre, em aves migratórias e na flora das regiões de maior contaminação.

## **2) LEGISLAÇÃO:**

### **2.1) CONSIDERAÇÕES GERAIS:**

As questões relativas à legislação serão abordadas com o detalhe e a profundidade necessárias pelo consultor contratado para o GT 1, que tratará exclusivamente do assunto. No entanto, achamos oportuna a inclusão de pequeno resumo comentado da legislação norte americana, uma vez que abrange a maior parte dos problemas enfrentados na gestão das PCBs. As soluções propostas naquela legislação serão de grande utilidade na avaliação dos problemas que será feita em seguida.

### **2.2) RESUMO DO CFR-40/761:**

Em razão do seu grau de detalhamento e abrangência, é de grande utilidade o conhecimento das disposições da legislação norte americana sobre o assunto, cujos pontos de maior importância resumimos a seguir.

#### **2.2.1) EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS:**

##### **a) CLASSIFICAÇÃO PARA TRANSFORMADORES:**

A regulamentação estabelece que “qualquer transformador será classificado como PCB até que uma análise química de seu líquido isolante prove o contrário”. Esta providência busca interromper o lançamento não controlado das PCBs no ambiente do país pois, na prática, impede o descarte ou comercialização de qualquer óleo isolante que não tenha tido seu teor de PCBs

determinado por análise química. É interessante observar que a legislação norte americana admite o que denomina de “screening analysis”. Este tipo de análise é realizado na prática através de método semi-quantitativo que admite o “falso positivo”, mas não o falso negativo. No Brasil, nenhum dos documentos legais menciona esta possibilidade, restringindo-se a análise feita em laboratório, mais demorada e de custo mais elevado.

Os transformadores ou outros equipamentos elétricos serão classificados de acordo com o teor de PCBs em seu meio isolante como a seguir:

- Menos de 50 ppm/p: **Classe Não PCB** - Não sujeito à legislação
- Entre 50 e 500 ppm/p: **Classe Contaminado por PCBs**
- Acima de 500 ppm/p: **Classe PCB**

Este conceito ainda é estranho à maioria dos atores Brasileiros. Ele está baseado no fato de que um transformador cujo líquido isolante contenha até 500mg/Kg de PCBs totais, uma vez removido o seu isolante líquido, os demais componentes sólidos apresentarão teores menores do que 50mg/Kg e, se impermeáveis teores menores do que 100 µg/dm<sup>2</sup> na superfície. As autoridades ambientais Brasileiras, por não possuírem estas informações, são, de forma geral, contrárias a estes critérios.

b) Condições de Utilização:

- **Classe Contaminado:** Sem restrições de uso ou manutenção. Não poderão ter o nível completado com óleo contendo mais de 500 ppm/p de PCB.
- **Classe PCB:** Podem operar até o fim de sua vida útil
  - Requerem inspeção trimestral
  - Devem ser rotulados e sinalizados
  - Deve-se manter registros na empresa, na USEPA e no Corpo de Bombeiros.
  - Não deve haver combustíveis, alimentos, água e outros líquidos isolantes em locais próximos.
  - Devem ter meio de contenção de vazamentos.
  - Não podem sofrer manutenção que envolva a retirada de bobinas.
  - Podem ser reclassificados para classe “Não PCB” após ensaio que comprove a redução do teor de PCBs no líquido isolante.

A regulamentação norte americana reconhece que muitos transformadores permanecerão em uso durante vários anos até sua efetiva eliminação. Assim, prescreve condições para sua operação que garantam o menor nível de riscos possível para os trabalhadores e população em geral.

c) CONDIÇÕES DE DESCARTE:

■ **Classe Contaminado:**

■ Líquido Isolante: Deve ser incinerado em instalação aprovada para esta finalidade, ou caldeira de alta eficiência, ou submetido a processo químico de descontaminação (reação com sódio-naftaleno) desde que em instalações aprovadas pela USEPA.

■ Carcaças de Transformadores: A disposição não é regulada.

■ **Classe PCB:**

■ Líquido Isolante: Deve ser incinerado em incinerador aprovado pela USEPA para esta finalidade específica.

■ Carcaças de Transformadores: Devem ser incineradas em incinerador aprovado pela USEPA ou submetidos a processo de reciclagem dos materiais metálicos por método igualmente aprovado.

■ Os equipamentos, as áreas onde estão instalados e seus acessos, devem ser sinalizados quanto à presença de PCBs.

Com relação às tecnologias de disposição final, a regulamentação procura dirigir para os métodos mais tradicionais. Porém, em notas complementares, admite que qualquer método comprovadamente eficiente e aprovado pelas autoridades ambientais poderá ser proposto.

d) CLASSIFICAÇÃO PARA CAPACITORES:

Os capacitores elétricos são divididos como a seguir:

■ Pequeños Capacitores: São aqueles que contém, no máximo, 1,36 Kg do líquido isolante PCB

■ Grandes Capacitores: São aqueles que contém mais do que 1,36 Kg do líquido isolante PCB.

e) CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO E DESCARTE:

■ Não há restrições à operação de Pequeños capacitores e devem ser substituídos quando da ocorrência de falhas ou no final de sua vida útil.

■ Os grandes capacitores instalados em locais próximos a alimentos devem ser removidos. Quando instalados em áreas de acesso restrito, como subestações ou outras áreas internas, poderão permanecer em operação.

■ Os equipamentos, as áreas onde estão instalados e seus acessos, devem ser sinalizados quanto à presença de PCBs.

■ Os grandes capacitores devem ser incinerados em incinerador aprovado pela USEPA. Caso se comprove que o líquido isolante contém menos de 500ppm/p de PCBs, poderão ser dispostos em aterro químico aprovado pela USEPA.

■ Os pequenos capacitores podem ser dispostos em aterros controlados.

Os chamados “pequeños capacitores” são os capacitores de uso eletrônico, reatores de iluminação e outros dispositivos que contém as PCBs mais pesadamente cloradas (nonacloro bifenilas e decacloro bifenilas) que estão em

estado sólido. Por isso a legislação admitiu seu aterramento. Porém, devido à possibilidade de mudanças futuras na legislação que venham a exigir ações futuras de descontaminação de aterros, o que já aconteceu naquele país, à maior parte das empresas norte americanas optam por incinerar todos os capacitores PCB.

#### **2.2.2) OUTROS RESÍDUOS:**

De uma forma geral, os demais resíduos contaminados por PCBs, devido às dificuldades de determinação do seu grau de contaminação, devem ser submetidos a processo de incineração.

- a) Luvas, roupas, outros equipamentos de proteção individual, e outros sólidos devem ser incinerados ou dispostos em aterro químico.
- b) Embalagens vazias de PCBs devem ser incineradas ou dispostas em aterros químicos.
- c) Embalagens de itens contaminados por PCBs devem ser dispostas em aterros químicos.

De forma geral os órgãos ambientais dos estados não admitem o aterramento de qualquer tipo de resíduo contendo PCBs. Considerando que a Norma Brasileira NBR 1004 não especifica o teor do composto perigoso que confere periculosidade ao resíduo, muitos órgãos estaduais de meio ambiente não autorizam sequer os resíduos com teores menores do que 50 mg/Kg para aterramento.

#### **2.2.3) REGISTROS:**

Deve-se registrar junto à USEPA um inventário do material existente e atualizá-lo periodicamente quanto a todas as ocorrências observadas como: Vazamentos, transferências de local, manutenção, material descartado, etc. Os registros devem conferir a qualquer momento com inspeção local feita pela USEPA, sem aviso prévio.

Vários estados Brasileiros apresentam a mesma exigência, contudo, o desconhecimento do assunto por parte dos agentes fiscalizadores torna a exigência ineficaz.

### **3) SITUAÇÃO ATUAL DO BRASIL:**

#### **3.1) ESTIMATIVA DO ESTOQUE EXISTENTE NO PERÍODO 1981/1988:**

3.1.1) As estimativas a seguir, foram realizadas com base nas seguintes premissas:

- a) Nunca houve a fabricação de Bifenilas Policloradas no Brasil. Os países produtores eram: Áustria, China, Tchecoslováquia, França, Alemanha, Itália, Japão, Rússia, Espanha, Reino Unido e Estados Unidos.

- b) Na época da edição da Portaria Interministerial 019, o órgão que gerenciava o comércio exterior no país era a antiga “Carteira de Comércio Exterior (CACEX)” do Banco do Brasil.
- c) Nenhuma importação neste período era realizada sem o licenciamento prévio que continha obrigatoriamente a utilização pretendida para o produto importado.
- d) As PCBs importadas para os usos dispersivos já haviam se dissipado no ambiente à época da edição da portaria. Portanto os estoques remanescentes estarão nos equipamentos elétricos.
- e) A partir da década de 1970 não era permitida a importação de qualquer bem que fosse produzido no país ou que tivesse similar produzido no país. O Brasil produzia transformadores e capacitores de uso elétrico desde a década de 40. Os transformadores importados no período eram de grande porte e destinados aos sistemas de transmissão de energia, que não utilizavam PCBs. Portanto, não houve a importação direta de equipamentos elétricos contendo PCBs.
- f) No ano de 1988 a CETESB e, paralelamente, a Eletrobrás realizaram inventários sob a forma de questionários, enviados a todo o cadastro da CETESB e às filiadas da Eletrobrás.

3.1.2) Em 1982, um ano após a edição da portaria 019, o Comitê Brasileiro de Eletricidade – COBEI, da ABNT, ao qual estava subordinada a comissão de estudos encarregada de elaborar a NBR-8371, recebeu levantamento feito pela CACEX indicando que no período de 1945 a 1981 haviam sido importadas 21.000 toneladas de fluidos isolantes à base de PCBs para transformadores e 10.000 toneladas de fluidos isolantes à base de PCBs para capacitores. Não houve, como já referido acima, a importação de transformadores ou capacitores prontos contendo líquidos isolantes PCB.

### 3.1.3) Estimativa do peso dos estoques:

- a) tomando em consideração a relação de massa dos materiais utilizados na construção de transformadores temos:

<b>Componente</b>	<b>% do peso total</b>
Tanque	10
Parte ativa	60
Isolante	30

- b) no caso dos capacitores temos:

<b>Componente</b>	<b>% do peso total</b>

Tanque	15
Parte ativa	50
Isolante	35

c) O total em peso de resíduos existente em estoque em 1981 era:

■ Transformadores: 70.000 T

■ Capacitores: 28.000 T

**Total em estoque em 1981: 98.000 T**

### 3.2) ESTOQUE REMANESCENTE:

■ Os estoques de PCB existentes no país permaneceram inalterados até cerca de 1990 quando a empresa Rechem, do Reino Unido, constituiu como sua representante no Brasil a "Koren Consultants" que iniciou o envio de PCBs para destruição nos incineradores da Rechem.

■ Em 1995 a Bayer S/A licenciou seu incinerador instalado em Belfort Roxo, Rio de Janeiro, para a incineração de resíduos PCB.

■ Aproximadamente na mesma época, os incineradores das empresas de tratamento de resíduos dos polos Petroquímico de Camaçari, na Bahia, CETREL, e Cloroquímico de Maceió, em Alagoas, CINAL, foram também licenciadas para a incineração das PCBs.

■ Em 1999 a WPA Ambiental licenciou sua planta para destinação final de resíduos PCB por "reciclagem de materiais", através do processo "Resource Recovery" de propriedade da SDMyers Inc de Ohio, EUA.

■ No ano 2000, o Grupo Vivendi criou subsidiária no Brasil, denominada TECORI, em Pindamonhangaba, que operou processo de reciclagem de materiais de propriedade da empresa francesa Aprochem. Esta empresa encerrou suas atividades no final de 2003, tendo sido transferida à Vitória Ambiental e retomado as atividades em 2005.

Através de informações destas empresas, estima-se que até o momento tenham sido processadas no Brasil e Reino Unido cerca 40.000 toneladas, remanescendo, portanto até o momento um total de **58.000 toneladas**.

### 3.3) ESTOQUES NÃO CONTABILIZADOS:

a) Nunca houve legislação ou outro tipo de regulamentação no Brasil, que definisse a concentração de PCBs, em um substrato qualquer, necessária para que este substrato seja considerado como PCB. Da mesma forma, nunca foi exigida a determinação do teor de PCBs em outros fluidos isolantes ou materiais correlatos até a promulgação da Lei 12.228 pelo Estado de São Paulo em 2006.

- b) É sabido que no período anterior à edição da portaria 019 e ainda por alguns anos após, o tratamento de desidratação e regeneração de óleos isolantes à base de PCBs era realizado sem qualquer controle específico.
- c) Sabe-se portanto, que a contaminação de óleos isolantes minerais por PCBs através destes processos ocorreu em larga escala no período anterior à edição da portaria 019, não havendo no entanto, dados confiáveis para a estimativa do total de resíduos gerados.
- d) Após a edição da portaria 019 verificou-se também um movimento no sentido de substituir o líquido isolante originalmente "Ascarel" por outros óleos isolantes também de alto ponto de fulgor com o poli-dimetil-siloxano (silicone) e o chamado "R-Temp" (óleo mineral de alto ponto de fulgor). Em ambos os casos os fabricantes aplicaram estratégias agressivas de vendas para a aplicação destes fluidos em substituição às Ascaréis, na suposição incorreta de que o equipamento apresentaria menores riscos se tivesse o fluido Ascarel simplesmente substituído pelo novo líquido. Esta prática gerou grande quantidade de material contaminado, uma vez que após uma simples troca, o teor resultante de PCBs no novo fluido será de cerca de 5% em peso.
- e) Desde a edição da portaria 019, foram registrados vários derramamentos acidentais de fluidos isolantes contendo PCBs por vandalismo, tentativas de furto ou falhas em equipamentos elétricos. É de supor que o mesmo acontecesse no período anterior à portaria 019 sem que tenha havido qualquer tipo de registro. Nunca foi realizado qualquer levantamento sistemático relativo a áreas e instalações contaminadas por PCBs.

Assim podemos concluir que, se for adotada a definição de que PCB é todo material que contenha mais do 50 mg/Kg de PCBs, e ainda as definições constantes na NBR-8371 relativas à classificação de transformadores, o estoque atual de PCBs é ainda bastante elevado no país.

#### **4) PROBLEMAS ATUAIS:**

##### **4.1) RISCOS NA OPERAÇÃO DE EQUIPAMENTOS PCB:**

Os riscos associados às PCBs podem ser divididos em 2 espécies principais:

- Riscos de derrames ao meio ambiente.
- Riscos de envolvimento em ocorrências com elevação de temperatura: Incêndios e falhas elétricas

##### **a) Derrames:**

Os riscos de derrames ao meio ambiente podem ser também de 2 tipos:

- O derrame constante de pequenas quantidades de fluidos isolantes devido a pequenos vazamentos nas válvulas de dreno de transformadores ou devidos a processos corrosivos nos tanques de transformadores ou outras embalagens, tais como tambores ou tanques metálicos.
- O derrame accidental de grandes quantidades de fluido isolante PCB devido a falhas em transformadores, acidentes ou atos de furto ou vandalismo.

É importante observar que os atos de furto e vandalismo têm sido a principal causa de derrames nos últimos anos.

b) fenômenos de elevação de temperatura:

Neste caso, observamos as seguintes possibilidades:

- Falhas elétricas em transformadores com freqüência resultam na geração de descargas elétricas de alta energia (arcos elétricos) no interior dos equipamentos. Bifenilas Policloradas submetidas a descargas de alta energia em ambientes pobres em oxigênio, levam à formação de dioxinas e furanos policlorados. Estes compostos permanecerão em solução nos óleos isolantes tornando-se, portanto, fonte de emissões não controladas de dioxinas e furanos.
- Os líquidos isolantes PCB são fluidos não propagadores de chama e, portanto, as falhas elétricas em transformadores PCB não provocam incêndios. Porém, no caso de transformadores isolados a óleos minerais contaminados por PCBs, as falhas elétricas podem levar a incêndios e, consequentemente, à formação de grandes quantidades de dioxinas e furanos clorados. Da mesma forma, caso um equipamento isolado a fluido PCB, original ou contaminado, seja envolvido em um incêndio externo, o aquecimento da PCBs em ambiente pobre em oxigênio levará à formação de dioxinas e furanos clorados.
- O caso de equipamentos contendo óleo mineral isolante contaminado com PCBs é extremamente perigoso pois o óleo mineral isolante é inflamável em temperaturas acima de 200º C que são facilmente atingidas nos casos de arco interno com falha na atuação das proteções. Neste caso a geração de dioxinas e furanos será intensa e proporcional ao teor de PCBs no óleo isolante.

#### 4.2) RISCOS NA ARMAZENAGEM:

Os materiais PCB existentes no Brasil podem ser encontrados em estoque em armazéns geralmente construídos conforme a norma NBR-8371. A armazenagem de equipamentos PCB apresenta os mesmos riscos observados na operação, à exceção daqueles relacionados com as falhas elétricas, uma vez que os equipamentos encontram-se desligados. Porém, a armazenagem por longos períodos de tempo aumenta consideravelmente os riscos de derrames não controlados e de acidentes no momento da remoção. É

interessante observar que a legislação norte americana apenas admite a armazenagem temporária por um período máximo de 90 dias.

## 5) ELIMINAÇÃO DE PCBs:

### 5.1) TIPOS DE RESÍDUO:

Os resíduos de PCB são classificados como “Resíduos Sólidos Industriais Perigosos – Classe I” e podem se apresentar sob diversas formas que irão exigir tratamentos diferentes para sua destinação final. A seguir, apresentamos os resíduos mais comumente encontrados.

#### a) Resíduos em estado líquido:

Os resíduos em estado líquido serão diferenciados conforme o teor de PCBs que contêm e a natureza do substrato contaminado. De acordo com a classificação da USEPA e a norma **“NBR-10004-Resíduos Sólidos Classificação”**, qualquer material contendo PCBs, deverá ser considerado resíduo perigoso “Classe I”. Os limites para lançamento de efluentes líquidos contaminados por PCBs em corpos d’água são extremamente baixos, na ordem de frações de partes por bilhão (**ppb**).

Assim, todo resíduo PCB, deverá ser convenientemente tratado para disposição final.

#### b) Resíduos em estado sólido:

Os resíduos em estado sólido são constituídos por materiais contaminados. Estes materiais são classificados pela USEPA como "permeáveis" e "impermeáveis". Os impermeáveis são aqueles que não absorvem o produto. São admitidos tratamentos diferentes para os dois casos.

•No caso de carcaças de transformadores, só são consideradas como resíduos sólidos de PCB pela USEPA e pela NBR-8371, aquelas provenientes de equipamentos cujo líquido isolante contenha mais de 500 ppm/p. Isto se deve ao fato de que a legislação norte americana considera que um material impermeável será considerado como “não PCB” caso contenha em sua superfície um teor inferior a 100 µg/dm<sup>2</sup>. Assim, um transformador que contenha até 500 mg/Kg em seu fluido isolante, quando drenado resultará em teor inferior a 100 µg/dm<sup>2</sup> em seus materiais impermeáveis.

### 5.2) TÉCNICAS DE DESCONTAMINAÇÃO:

O tratamento de destinação para vários resíduos contaminados por PCBs, pode ser a sua descontaminação através de processo que, comprovadamente, remova as PCBs resultando em material livre de contaminação.

#### 5.2.1) Resíduos em estado líquido:

##### a) Óleos Isolantes Contaminados:

#### a.1) Reação com Na:

- Óleos isolantes contaminados e mesmo óleos originalmente PCB (Ascaréis), podem ser tratados através da reação com Sódio (ver capítulo 1), que resulta em cloreto de sódio (NaCl) e Bifenila. Esta técnica até o momento, só está disponível no Brasil para óleos minerais contaminados por PCB na faixa de até 2000 mg/Kg. Sua utilização é bastante freqüente nos países desenvolvidos.
- Nos EUA e Canadá existem várias instalações licenciadas pela USEPA que utilizam este processo que é mais econômico do que a incineração do produto. A USEPA, contudo, somente permite a reutilização do óleo descontaminado como combustível.
- Estudos realizados pela S.D.Myers, uma das empresas que utilizavam este processo, revelaram que é economicamente viável nas condições do mercado norte americano, até a concentração de 1500 ppm/p.

#### a.2) Reação com Polipropileno Glicol / Polietileno glicol:

- Trata-se de tecnologia recentemente desenvolvida por empresa italiana e patenteada. É também eficaz para a descontaminação de óleos minerais contendo até cerca de 1000 ppm.
- Ainda não é comercialmente disponível no Brasil.

#### a.3) Percolação por substrato ativo:

- Encontra-se atualmente em fase de pesquisa em escala de laboratório, por várias instituições, processos de percolação por coluna de materiais adsorventes como zeólitas e polímeros funcionalizados. Ainda não há processo viabilizado por essa tecnologia.

#### b) Águas e Lodos Contaminados:

- No caso de resíduos aquosos, o tratamento com sódio não pode ser aplicado devido à exotermia da reação. Para estes casos foi desenvolvida uma cepa de bactérias, que é capaz de degradar biologicamente as moléculas de PCB.
- O processo pode ser aplicado para resíduos contaminados até a faixa de algumas ppm/p e é de grande importância econômica, já que a incineração de grandes volumes de água ou lodo é muito dispendiosa.

#### 5.2.2) Resíduos em estado sólido:

##### a) Sólidos Impermeáveis:

- Os resíduos compostos por sólidos impermeáveis contaminados podem ser tratados por processo de lavagem com solvente adequado, seguido de análise da superfície para comprovação da descontaminação.
- No caso da lavagem por solvente, este poderá ser destilado para remoção das PCBs e posterior reutilização no processo. O resíduo da destilação, deverá ser tratado posteriormente como PCB.

■ Este processo é de grande utilidade no tratamento de resíduos metálicos contaminados, já que permite a reciclagem dos metais, enquanto que a incineração gera resíduos que irão exigir tratamento adicional. Esta tecnologia é operada pela empresa WPA Ambiental que utiliza tecnologia desenvolvida originalmente pela SDMyers Inc, que permite obter a descontaminação de sólidos impermeáveis até a faixa de  $10\mu\text{g}/\text{dm}^2$ . A Empresa TECORI, de Pindamonhangaba utiliza processo semelhante, porém os níveis de descontaminação atingidos não são claramente definidos.

■ Suas aplicações mais comuns são no tratamento de tambores, tanques e partes metálicas de transformadores e capacitores contaminados.

b) Sólidos permeáveis:

b.1) Aterramento:

Embora esta tecnologia encontre larga utilização para vários tipos de resíduos, seu emprego vem sendo cada vez mais limitado, já que nestes casos o material aterrado permanece inalterado por longos períodos de tempo e, na maioria dos casos, voltará a entrar em contato com o ambiente num futuro indeterminado. Mesmo para resíduos menos perigosos, a técnica de aterramento vem sendo substituída por técnicas ambientalmente mais seguras.

No caso das PCBs seu emprego é permitido nos EUA para "pequenos capacitores", conforme definido pela USEPA e sólidos contaminados com menos de 50ppm/p em aterros licenciados para "Resíduos perigosos classe I", providos de sistemas de impermeabilização, drenagem e coleta de águas pluviais e monitoramento ambiental permanente. Apesar desta permissão legal, observa-se que naquele país as empresas que possuem este tipo de resíduo optam por não utilizar este processo devido aos riscos de mudanças futuras nos regulamentos e danos sérios ao meio ambiente.

b.2) Incineração:

Esta tecnologia é aplicada principalmente para os resíduos contaminados com altas concentrações de PCBs, até a faixa de 30 a 40% em peso, variando com o tipo de instalação. Pode ser empregada tanto para resíduos em estado líquido como 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 acidentais.

■ 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 incinerador 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 incinerador.

■ Unidade de incineração:

■ Constitui a unidade central de processamento do material a destruir. Nesta unidade os resíduos são aquecidos a temperaturas de até 900º Celsius 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 Celsius formando então os produtos de combustão 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 combustão total são tratados com solução aquosa fria de Hidróxido de Sódio (NaOH). O rápido resfriamento de 1200 para cerca de 80 a 90º Celsius é necessário para reduzir a probabilidade de ocorrência de reações inversas que poderiam gerar 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.

b.3) Pirólise a plasma:

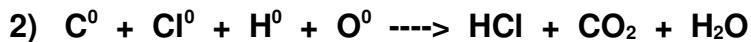
Esta tecnologia difere da incineração apenas no que diz respeito ao processo químico de destruição das PCBs. Enquanto na incineração as PCBs são levadas a reagir diretamente com o oxigênio a altas temperaturas, na pirólise a reação se dá em 2 etapas. Na primeira, as moléculas de PCB são decompostas pela 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 Pirólise:**



Neste processo, desenvolvido originalmente pela Westinghouse Electric Corporation, é utilizada uma "Tocha de Plasma" de oxigênio para decompor o resíduo a uma temperatura de cerca de 4000º Celsius. Em seguida, em uma câmara de reação, a mistura de gases é resfriada até a faixa de 1200º Celsius onde ocorre a reação de oxidação dos produtos da pirólise.

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

#### **b.4) Oxidação a alta pressão:**

Esta tecnologia foi desenvolvida pela empresa italiana ITEA SPA e denominada de DISMO, sigla para a expressão "Dissociação Molecular".

O DISMO atinge a dissociação molecular completa já que as reações químicas envolvidas ocorrem em uma câmara hiperbárica que oscila entre 2 e 15 bar, na qual se atingem temperaturas que vão de 2000°C até mais de 4000°C.

Estas elevadas temperaturas, junto com o acréscimo de oxigênio técnico, asseguram 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 pressão e de oxigênio a 100 % permite alcançar temperaturas muito superiores às de um incinerador (porque este último utiliza ar para a combustão), tornando possível tratar resíduos de muito menor poder calorífico sem necessidade de agregar combustível adicional.

A completa oxidação da carga 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, esta atmosfera altamente oxidante que leva à completa oxidação de todos os elementos, dificulta a formação de precursores de dioxinas e furanos.

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.

Durante o esfriamento nos expansores / condensadores (que trabalham como separadores ciclônicos), separam-se os óxidos metálicos e não metálicos sólidos mais pesados (compostos inorgânicos inertes), podendo-se inclusive conseguir a recuperação destes subprodutos caso estes sejam economicamente viáveis. Os sólidos são removidos por meio de um sistema de parafusos e válvulas.

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

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

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

3º Uma camada de carvão ativo adsorve os restos de metais voláteis (por exemplo, Mercúrio), e hidrocarbonetos que a corrente gasosa 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.

Recentemente a ITEA vendeu o processo DISMO para a Ansaldo Caldeiras de Gioia Del Coli (região de Bari). Uma vez que a Ansaldo Caldeiras é uma das maiores fabricantes de queimadores para incineração do mundo, o futuro do processo DISMO é incerto.

### b.5) Redução por Hidrogênio:

A empresa norte americana “Eco Logic – Foster Wheeler” desenvolveu processo que utiliza um reator de alta temperatura para a redução de resíduos por reação com Hidrogênio puro e posterior tratamento dos gases resultantes. Assim, ocorrem as seguintes reações:

#### **Reação de Redução**



Os produtos de redução são reciclados como matérias primas ou combustíveis.

## 6) Principais Atores:

### 6.1) LABORATÓRIOS DE ANÁLISE:

O país dispõe de vários laboratórios, públicos ou privados, capacitados a realizar análises de determinação do teor de PCBs nos diversos substratos. Contudo, a capacitação de cada um deles para cada tipo específico de análise ainda não foi determinada de forma sistemática. Não há até o momento laboratórios certificados conforme a norma ISSO 17025 para a determinação do teor de PCBs em óleos isolantes. Os principais laboratórios que oferecem análises de PCBs podem ser divididos em 2 grandes grupos igualmente importantes, porém com pouca interação entre si.

•Há o grupo dos laboratórios do setor elétrico, tanto laboratórios das empresas do setor, quanto laboratórios das empresas prestadoras de serviços para o setor elétrico. Este grupo de laboratórios é especializado na determinação do teor de PCBs em outros óleos isolantes e, de forma geral, não oferecem a determinação de PCBs em outros substratos ambientais.

•Este segmento está já organizado junto ao “CIGRÉ – Conseil International des Grands Réseaux Électriques” para estabelecer condições padronizadas de análise e níveis de qualidade aceitáveis. O CIGRÉ é uma organização não governamental internacional que objetiva estimular o desenvolvimento científico e tecnológico do setor elétrico. Os laboratórios ligados ao CIGRÉ são:

○Empresas do setor elétrico: CELESC - Cia distribuidora de energia de Santa Catarina, CELG, Cia de energia de Goiás, Furnas Centrais Elétricas do grupo Eletrobrás, AES Eletropaulo Cia distribuidora de energia da região da Grande São Paulo, Eletronorte, empresa do Grupo Eletrobrás CEPEL, Centro de pesquisa de Energia Elétrica, também do grupo Eletrobrás, Eletrosul, Grupo Eletrobrás e CHESF, Cia Energética do São Francisco, grupo Eletrobrás e Itaipu Binacional.

○ Prestadoras de serviços: ACS Laboratórios de Goiânia, Brastrafo de Campinas, Analab de Ribeirão Preto, MGM de Campinas, Diagno e Lactec de Curitiba, Laboil de Porto Alegre e SM Controle de Qualidade de Recife.

• O segundo grupo é constituído pelos laboratórios que realizam a análise de PCBs em outros substratos ambientais como solo, água, biota, etc. Neste campo os mais atuantes tem sido os laboratórios:

○ TASQA Serviços Analíticos de Paulínia, SP, CEIMIC Análises Ambientais Ltda de São Paulo e Analytical Solutions Soluções em Análises Químicas sediada no Rio de Janeiro.

O estado de São Paulo, através de instrução CETESB, aceita para fins de licenciamento e outras permissões ambientais, apenas os resultados de ensaios emitidos por laboratórios certificados em conformidade com a Norma ISO 17025. No restante do país esta exigência ainda não é regulada.

## 6.2) INSTALAÇÕES PARA DESTINO FINAL:

Estão disponíveis no país as seguintes instalações licenciadas para destinação final de resíduos PCB, cuja capacidade produtiva total é de cerca de 15.000 T/ano para resíduos em estado sólido e 18.000 T/ano para resíduos em estado líquido.

### a) *Haztec - Tribel*

Estrada Boa Esperança, 650  
Belfort Roxo – Rio de Janeiro – 26110-120

Planta industrial licenciada originalmente pela Bayer em 1995, dotada de uma unidade de incineração para resíduos em estado sólido e líquido com capacidade para cerca de 8.000 T/ano, aterro industrial para resíduos “Classe I e II” e sistema de tratamento de efluentes. A unidade foi construída pela Bayer e por ela operada até 2004. Nesta ocasião, através de joint-venture com a Empresa Tredi da França, foi criada a Tribel que operou as instalações até 2008 quando a associação foi desfeita. A Bayer então negociou as instalações com a Haztec Ambiental que operou as instalações até meados de 2010 quando a Haztec foi adquirida pela Estre Ambiental, atual proprietária do negócio. As condições impostas pela Bayer para a venda do negócio incluem a desativação das instalações no terreno da Bayer em Belfort Roxo, onde se encontram e sua relocação para outra área. A Haztec está em processo de obtenção das permissões necessárias para transferir a planta para o Distrito Industrial de Santa Cruz, no município do Rio de Janeiro. A empresa prevê a suspensão das operações no final do ano corrente para possibilitar a realocação do incinerador.

A licença, expedida originalmente pela FEEMA-RJ e já renovada pelo INEA exige, além das precauções usuais quanto a efluentes líquidos e resíduos sólidos, apenas a verificação periódica das emissões atmosféricas, não exigindo qualquer tipo de informação quanto à capacidade de processamento, emissões totalizadas ou controle das condições operacionais. Embora a planta possa atender exigências deste tipo, elas não são parte das condições de licenciamento.

b) **Cetrel S/A – Empresa de Proteção Ambiental**

Av. Tancredo Neves, 3343, Edifício Cempre, Torre A, Conjuntos 1401 a 1404  
Salvador – Bahia – 41820-021

Planta industrial dotada de uma unidade incineradora exclusiva para resíduos em estado líquido e unidade em separado para incineração de resíduos em estado sólido. Possui aterro para resíduos industriais e sistema de tratamento de efluentes.

A instalação foi originalmente concebida para tratar os resíduos originados no “Pólo Petroquímico de Camaçari”, então um empreendimento estatal. Assim a empresa possui sistema de incineração de resíduos em estado líquido de grande eficiência de destruição e remoção para organoclorados. Mais tarde, com a privatização das empresas do pólo, a CETREL passou a atuar no mercado nacional de resíduos controlada pelo grupo Odebretch, tendo adquirido um equipamento para a incineração de resíduos em estado sólido. Este equipamento é de operação delicada, possuindo alimentador aberto ao ambiente, o que dificulta o controle de temperaturas e demais condições de operação. Sua capacidade é pequena se comparado aos demais incineradores instalados no país. Para resíduos sólidos a CETREL tem capacidade efetiva para 2000 T/ano e de 5.000 T/ano para os resíduos líquidos.

Uma vez que o estado da Bahia proíbe a instalação de aterros químicos classe I em seu território, a empresa possui apenas um aterro licenciado para “**Resíduos Especiais**”, resíduos estes que não são definidos legalmente.

c) **Companhia Alagoas Industrial S/A - CINAL**

Rodovia Divaldo Suruagy, Km 12  
Marechal Deodoro – Alagoas – 57160-000

Empresa responsável pelo tratamento de resíduos industriais do Pólo Cloroquímico de Alagoas, opera unidade incineradora para resíduos em estado líquido. Possui ainda sistema de tratamento de efluentes. Esta empresa, por apresentar capacidade apenas para resíduos em estado líquido, é a de menor agressividade no mercado. Sua capacidade produtiva é idêntica à da CETREL para resíduos líquidos, 5000 T/ano. É também controlada pelo Grupo Odebretch e, portanto, não disputa mercado com a CETREL.

d) **WPA Ambiental Ltda**

Rodovia PR 469, Km 03  
Pato Branco – Paraná – 85503-590

Empresa que possui a capacidade para realizar a destinação final de resíduos PCB em estado sólido, pelo processo de reciclagem de materiais através da lavagem dos sólidos impermeáveis por solvente e posterior destilação do solvente para reuso. O processo da empresa consiste em trocar a tampa original dos transformadores por outra que permite a injeção de solvente em fase vapor no interior do equipamento para a remoção do PCB de forma mais grosseira e permitir a abertura do transformador sem contaminar por PCBs o ambiente interno da planta. Em seguida os transformadores são abertos, desmontados e lavados em máquina de lavar. O solvente usado é levado a um

destilador que o purifica até o nível “não detectado” de PCBs para reutilização. O material reciclado é considerado conforme quando apresenta contaminação superficial menor do que 100 $\mu$ g/dm<sup>2</sup>. Neste processo a empresa tem capacidade para o processamento de 2500 T/ano.

A empresa também opera um reator para a descontaminação de óleos isolantes minerais contaminados por PCB através da reação com Sódio, já descrita na introdução. O sistema tem capacidade para processar cerca de 400 T/ano de óleos contaminados com até 2.000 mg/Kg de PCB até a faixa abaixo de 50 mg/Kg.

e) **TECORI – Tecnologia Ecológica de Reciclagem Industrial Ltda**

Distrito Industrial Dutra

Av. Alexandrina das Chagas Moreira, 460

CEP 12412-800 - Pindamonhangaba/SP

A empresa foi implantada originalmente em 2001 pelo grupo Francês “Vivendi” que ao encerrou as operações da planta em 2004 após perder interesse pelo negócio. Em 2006 a empresa foi transferida para o Grupo “Vitória Ambiental” que a opera até hoje. Fornece os mesmos serviços que a WPA Ambiental, porém com significativas diferenças entre os 2 processos. A Tecori opera tecnologia desenvolvida pela também francesa “Aprochem” que consiste em remover a parte ativa dos transformadores e levá-la a uma “autoclave” onde recebe vapor de solvente. O vapor condensa ao contato com as superfícies a descontaminar e é conduzido a um “boiler” onde é novamente vaporizado e aspergido na autoclave. Por não contar com um destilador, não é capaz de atingir níveis de purificação do solvente que possam garantir baixa contaminação residual do material reciclado. Sua capacidade produtiva é equivalente à da WPA Ambiental, ou seja 2500 T/ano. Sua licença, emitida pela CETESB, não é clara quanto à atividade da empresa.

### 6.3) EMPRESAS QUE POSSUEM RESÍDUOS PCB:

Uma vez que as PCBs utilizadas em aplicações dispersivas tais como materiais de limpeza, estabilizantes, plastificantes, etc já foram disseminadas no ambiente, o estoque de PCBs atualmente existentes está relacionado com a utilização de equipamentos elétricos. Estes equipamentos, principalmente os transformadores e capacitores, apresentam longa vida útil e, portanto, existem ainda muitos em operação. Além disso, o processo de disseminação da contaminação observado desde a edição da portaria 019 levou à geração de um grande número de equipamentos cujo líquido isolante está contaminado por PCBs. Assim, os estoques remanescentes de PCB estão relacionado ao uso da energia elétrica.

A maior concentração dos estoques, portanto, está nos empreendimentos que utilizam a energia elétrica de forma intensiva:

•**Empresas de energia nas áreas de geração, transmissão e distribuição.**

Dentre essas empresas, aquelas de implantação mais antiga irão apresentar maior probabilidade de possuírem equipamentos originalmente PCB.

•**Empresas siderúrgicas implantadas até a década de 1970:**

Dentre essas empresas as que apresentavam maior estoque de equipamentos originalmente PCBs são a Cia Siderúrgica nacional (CSN) e a antiga Cia Siderúrgica Paulista (COSIPA) hoje parte do grupo USIMINAS.

**•Empresas de produção de cimento e alumínio:**

Embora essas empresas de uma forma geral sejam de implantação mais recente no Brasil, estão também entre as que mais concentram a possibilidade de existência de equipamentos PCB.

**•Plantas industriais de grande porte:**

Além das atividades industriais descritas acima, todas as demais plantas industriais que demandem alto consumo de energia, como a indústria química, automobilística e outras, também devem ser incluídas entre os empreendimentos de maior concentração de resíduos PCB.

**6.4) RESÍDUOS DISPERSOS:**

Além dos empreendimentos descritos acima, deve-se considerar ainda, com grande importância os empreendimentos que, embora não façam uso intensivo de energia, possuam instalações ambientalmente sensíveis ou que apresentam alto risco de exposição para as populações próximas. Neste caso temos as instalações ferroviárias espalhadas pelo país e muitas já desativadas e sem controle adequado de acesso, os grandes prédios como escolas e universidades, bancos, hospitais e “shopping centers”.

A seguir a tabulação dos principais atores e suas interações:

<b>Ator</b>	<b>Atividade vinculada ao projeto</b>	<b>Interface s com o projeto</b>	<b>Pontos Críticos</b>
Laboratórios de análise das empresas de energia	Prestação de serviço de análises de PCB exclusivo para a empresa mãe	Inventário , gestão de estoques	Capacitação insuficiente na área ambiental
Laboratórios de análise privados de manutenção	Prestação de serviços para o setor elétrico e industrial	Inventário , gestão de estoques	Capacitação insuficiente na área ambiental
Laboratórios de análise privados de meio ambiente	Prestação de serviços na área ambiental	Inventário , gestão de estoques	Capacitação insuficiente na área industrial
Incineradores	Destinação final de resíduos PCB em estado sólido e líquido	Eliminação das PCBs	Deficiências de licenciamento e operacionais
Recicladores	Destinação final de resíduos PCB em estado sólido	Eliminação das PCBs	Deficiências de licenciamento e operacionais
Empresas de energia	Geração, Transmissão e distribuição de energia elétrica	Geradores de resíduos PCB	Deficiências de inventário e controle do estoque em operação e armazenado
Empresas industriais grandes consumidoras de energia	Produção de aço, alumínio, bens de capital e de consumo duráveis	Geradores de resíduos PCB	Dificuldades de interrupção da produção, necessidades de investimentos elevados
Pequenas empresas industriais, comerciais e de prestação de serviços	Produtos industriais diversos, hospitais, bancos, centros de compras, escolas, etc	Geradores de resíduos PCB	Desconhecimento da problemática relativa às PCBs, dificuldades de comunicação, dispersão territorial e institucional.

## **7) PRINCIPAIS PROBLEMAS DISCUTIDOS NA PRIMEIRA OFICINA:**

Durante a realização da “Primeira Oficina sobre Gestão, Eliminação e Disposição Final de Bifenilas Policloradas”, foram abordados os temas a seguir:

a) **Inventário:** Definir critérios e metodologia para a elaboração de um inventário conforme definido no projeto.

b) **Regulamentação:** discutir a regulamentação existente de forma a possibilitar uma melhor compreensão dom problema:

- Definição do que será resíduo PCB, nos diferentes meios.
- Estabelecimento de valores de referência para contaminação de instalações, equipamentos e materiais de uso industrial e comercial.
- Estabelecimento de critérios e padrões para avaliação da contaminação dos diversos substratos ambientais.
- Calendário compatível com a convenção de Estocolmo para eliminação das PCBs.

c) **Eliminação dos estoques existentes:**

- Tecnologias disponíveis no Brasil
- Operação manuseio e remoção dos equipamentos existentes.
- Tecnologias recomendadas ou não para eliminação de resíduos PCB
- Critérios de qualidade para instalações destinadas á eliminação de PCBs
- Equipamentos elétricos (transformadores, capacitores e cabos) originalmente PCB.
- Equipamentos elétricos (transformadores) PCB por contaminação.
- Áreas e instalações contaminadas por PCBs.
- Outros resíduos PCB

d) **Laboratórios de análise:**

- Necessidades atuais do setor.
- Critérios de qualidade
- Sistemas de qualificação de laboratórios
- Formação da mão de obra.

### **7.1) RESULTADOS DA OFICINA:**

De forma a permitir que a discussão avançasse no sentido de produzir propostas concretas de ação e solução dos principais problemas, os participantes foram divididos em 3 grupos de trabalho:

- Eliminação de PCBs
- Inventário

- Laboratórios

As conclusões e sugestões de cada um dos grupos estão resumidas a seguir:

### **Grupo de Inventário:**

#### **1. OBJETIVO**

Inventariar o estoque de PCBs no Brasil.

#### **2. O QUE INVENTARIAR?**

Todos os óleos isolantes em estoque (tambores, tanques) e em equipamentos.

#### **3.CRITÉRIOS POR TIPO DE EMPRESA**

##### **3.1. CONCESSIONÁRIAS DE ENERGIA**

- GERAÇÃO:** todos os óleos isolantes em estoque e em todos os equipamentos isolados a óleo.
- TRANSMISSÃO:** todos os óleos isolantes em estoque e em todos os transformadores de força e auxiliares, reatores, disjuntores, religadores e capacitores. Para transformadores de instrumento (TI) será utilizado critério estatístico.
- DISTRIBUIÇÃO:** todos os óleos isolantes em estoque e em todos os transformadores de força, reatores, disjuntores, religadores e capacitores. Para transformadores de instrumentos e aéreos ou de rede será utilizado um critério estatístico a ser definido.

##### **3.1.1. METODOLOGIA**

- Para óleos em estoque, transformadores de força, transformadores auxiliares, reatores, religadores será realizado inventário pela análise de teor de PCB no óleo isolante.
- Para capacitores, será realizado inventário pelo ano de fabricação. Fabricação até 1984 será considerado PCB.
- Para reatores de lâmpadas será realizado inventário pelo ano de fabricação. Fabricação até 1984 será considerado PCB.
- Para transformadores de instrumento e transformadores aéreos ou de rede, será utilizado um critério estatístico para estimar a quantidade de equipamentos contaminados com PCB a partir da análise de teor de PCB no óleo isolante de uma amostra estatisticamente representativa da população em estudo tomada por critério a ser definido posteriormente.

##### **3.2. INDÚSTRIA**

Todos os óleos isolantes em estoque e todos os equipamentos isolados a óleo de cabine ou subestação. Para equipamentos aéreos será utilizado critério estatístico.

##### **3.2.1. METODOLOGIA**

- Para óleos em estoque, transformadores de força, transformadores auxiliares, transformadores de instrumentos, reatores, religadores será realizado inventário pela análise de teor de PCB no óleo isolante.
- Para capacitores, será realizado inventário pelo ano de fabricação. Fabricação até 1984 será considerado PCB.
- Para reatores de lâmpadas será realizado inventário pelo ano de fabricação. Fabricação até 1984 será considerado PCB.
- Para transformadores de instrumento e transformadores aéreos ou de rede, será utilizado um critério estatístico para estimar a quantidade de equipamentos contaminados com PCB a partir da análise de teor de PCB no óleo isolante de uma amostra estatisticamente representativa da população em estudo tomada por critério a ser definido posteriormente.

### **3.3. LOCAIS COM TRÂNSITO INTENSO DE PESSOAS (HOSPITAL, CENTRO DE COMPRAS, EDIFÍCIO COMERCIAL, ESCOLA, METRÔ, BANCO, FERROVIA**

Todos os óleos isolantes em estoque e todos os equipamentos isolados a óleo de cabine ou subestação. Para equipamentos aéreos será utilizado critério estatístico.

#### **3.3.1. METODOLOGIA**

- Para óleos em estoque, transformadores de força, transformadores auxiliares, transformadores de instrumentos, reatores, religadores será realizado inventário pela análise de teor de PCB no óleo isolante.
- Para capacitores, será realizado inventário pelo ano de fabricação. Fabricação até 1984 será considerado PCB.
- Para reatores de lâmpadas será realizado inventário pelo ano de fabricação. Fabricação até 1984 será considerado PCB.
- Para transformadores de instrumento e transformadores aéreos ou de rede, será utilizado um critério estatístico para estimar a quantidade de equipamentos contaminados com PCB a partir da análise de teor de PCB no óleo isolante de uma amostra estatisticamente representativa da população em estudo tomada por critério a ser definido posteriormente.

### **3.4. SUCATEIROS E REPARADORES DE TRANSFORMADORES**

Todos os óleos isolantes em estoque e em todos os equipamentos isolados a óleo.

#### **Grupo de Eliminação:**

##### **1 Definição de resíduos de PCB**

São considerados resíduos de PCB:

- Óleos isolantes e líquidos em geral com concentração maior que 50 mg/kg de PCB, e devem ser eliminados.

- Sólidos impermeáveis (por exemplo, vidros, metais, aço carbono), com concentração maior ou igual a 100 µg/dcm<sup>2</sup>.
- Sólidos permeáveis, com concentração superior ou igual a 50 mg/kg.
- Materiais plásticos usados em revestimentos de cabos fabricados antes de 1981.

Metodologia analítica: não definida pelo GT

Metodologia de Amostragem: não definida pelo GT.

Nota 1: No caso de transformadores, cujo óleo contenha concentração acima de 50 mg/kg o óleo e os transformadores devem ser destinados de forma ambientalmente correta.

Nota 2: Não fica permitida a diluição para alcançar nenhuma das concentrações mencionadas acima.

## 2 Processos de destinação

Não são consideradas como alternativas de destinação o envio de resíduos de PCB para o Co-processamento em fornos de clinquerização (cimento) e para Aterros de qualquer natureza. Também não são aceitáveis alternativas de tratamentos térmicos que possuam eficiência de destruição destes poluentes inferior a 99,99%, alternativas de diluição ou de rerrefino.

## 3 Informações importantes levantadas

Dentro do PGR, caso indicada a presença de PCB, deveria haver alguma forma de incentivo para eliminação.

Caso o PCB for de propriedade de micro e pequenas empresas, pessoas físicas, prédios residenciais, propriedades rurais, deveriam ser dados incentivos, por exemplo, compensação tributária, isenção de IPI para o novo equipamento.

Suporte às empresas de energia pela ANEEL, face à necessidade desligamento para o abatimento e os custos associados, principalmente com as multas pelo desligamento.

## 4 Prazos para eliminação

Foi consenso do grupo, para o caso de equipamentos em operação, a elaboração de prazos diferenciados, de acordo com o segmento, tomando como exemplo a legislação de SP.

### **Grupo de laboratório:**

- Adoção de um método único para determinação de PCBs em óleos
- Revisão da Norma brasileira para análise de PCBs em óleo (em andamento) NBR 13882 rev. 2008.
- Realização de estudos para adoção da norma internacional IEC 61.619 de 1997, Pelo Cigré Brasil.
- Acreditação pelo INMETRO dos Laboratórios nacionais que realizam este ensaio.
- O MMA aceitará resultados somente de laboratórios acreditados pelo INMETRO.
- Os laboratórios devem ser acreditados para análises em matrizes ambientais, como solo, ar, água, sedimentos e outros, e ou para analise de PCBs em óleo isolante.
- Foi identificada a necessidade de treinamentos para capacitação dos laboratórios executantes de análise de PCBs em óleo isolante e outras matrizes
- Os fornecedores de padrões de PCBs estão com dificuldade na obtenção das licenças de importação.
- Sugere-se a adoção de um NCM para material de referencia analítica.

### **8) PARTICIPANTES DA PRIMEIRA OFICINA:**

Os participantes para a oficina estão relacionados nas listas de presença do anexo 1.

## 9) CRONOGRAMA DE TRABALHO:

Atividade	Data de Conclusão									
	2010				2011					
	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun
Desenvolver uma lista abrangente de partes técnicas interessadas e seus papéis na Gestão de Resíduos de PCB e Sistema de Disposição										
Participar de reuniões com a Coordenação do projeto para a estratégia da coleta de informações e discussão dos aspectos										
Primeira Oficina com todos os envolvidos										
Segunda Oficina – “Destinação fina”										
Produto 1;										
Proposta de orientações, normas técnicas e mecanismos de aprovação para gestão ambientalmente sustentável e disposição de PCBs.										
Proposta Inicial do Plano Nacional de Gestão de PCBs, em consulta com outros Grupos de Trabalho do projeto.										
Produto 2										
Sistemas de tratamento de PCB existentes no Brasil avaliados e comparados com as melhores tecnologias disponíveis no mundo para o tratamento de resíduos de PCBs;										
Propostas de utilização de sítios de demonstrações, incluindo opções de sítios.										
Produto 3										
Proposta do Plano Nacional de Gestão de PCB e plano de monitoramento e avaliação do projeto										
Produto 4										

## 10) BIBLIOGRAFIA:

- 1) Associação Brasileira de Normas Técnicas, ABNT, NBR-8371, Ascaréis para Transformadores e Capacitores - Procedimento.
- 2) Diamond Shamrock Corp., Dept of Safety Assessment, Toxicology Unit, Report nr. 000-5tx-81-0027-001, Review of The Toxicity of Polychlorinated Biphenyls.

- 3) Fernandes, P.O.; Bifenilas Policloradas, Revista FUNDACENTRO, vol.15, nr.178, outubro de 1984.
- 4) Westinghouse Electric Corporation, Instructions for Handling Inerteen Insulating Fluid P.D.S. 54201CM and Installation and Maintenance of Inerteen Transformers, Sharon, PA, 1976.
- 5) Federal Register, Environmental Protection Agency, CFR-40, Part 761, July, 1, 1990.
- 6) D.O.U Executivo, 02/02/81, pag. 2151, Ministério do Interior, Gabinete do Ministro, Portaria Interministerial 019 de 29/01/81.
- 7) Secretaria Especial do Meio Ambiente - SEMA, Instrução Normativa STC/CRS-001, 15/06/83.
- 8) National Institute for Occupational Safety and Health, Current Intelligence Bulletin 45, PCBs Potential Hazards from Electrical Equipment Fires and Failures, Cincinnati, Ohio, 1986.
- 9) Clairborne, C and Vacher, C.L; Transform: A Process for In-Service Reclassification of Askarel Filled Transformers; American Power Conference, Annual Meeting, April 1986.
- 10) Fernandes P.O; Líquidos Isolantes para Aplicações Especiais, Manutenção e Serviços, nr.8, Janeiro de 1989.
- 11) UNEP Chemicals: “PCB transformers and capacitors: From management to reclassification and final disposal”, 2002
- 12) Basel Convention Series / SBC Nº 2003/01: Preparation of a national environmentally sound management plan for PCBs and PCB-contaminated equipment in the context of the implementation of the Basel Convention,
- 13) Teixeira, S.G e Rodrigues, A.P.P.L, Relatório técnico 2, Contrato de Serviço BR/CNT/0400595.001 firmado com a Organização Pan-Americana da Saúde.
- 14) Azevedo, F.A, Snapshot study of POPs in Brazil – Technical Component – Relatório Final.**

São Paulo, 13 de dezembro de 2010.

Paulo Fernandes

## **ANEXO 1**

### **LISTAS DE PARTICIPANTES DA 1<sup>a</sup> OFICINA**