



## **Ministério do Meio Ambiente**

# **MANUAL DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS E EQUIPAMENTOS COM BIFENILAS POLICLORADAS (PCB)**



**Abril 2015**

**Coordenação Ministério do Meio Ambiente - MMA**  
**Coordenação Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento**  
**- PNUD**

Zilda Maria Faria Veloso  
Diretora do Departamento de Ambiente Urbano – MMA

Sabrina Gimenes de Andrade  
Gerente de Resíduos Perigosos – MMA

Luiz Fernando Rocha Cavalotti  
Técnico Especializado – MMA

Roseney Diegues Peixoto  
Oficial do Programa – PNUD

**CONSULTOR: PAULO DE OLIVEIRA FERNANDES**  
**CONTRATO PNUD-2013/000067**

COORDENADOR TÉCNICO

**PAULO DE OLIVEIRA FERNANDES**

COLABORADORA

**HELENA MARIA WILHELM**

## ESCOPO

O Brasil ratificou a Convenção de Estocolmo em 24 de fevereiro de 2004, pelo Decreto nº 5.472, de 20 de junho de 2005, assumindo os compromissos internacionais de retirar o PCB de uso até 2025 e de promover sua completa destruição até 2028. Para que os objetivos de eliminação do PCB e gestão dos estoques até sua eliminação sejam perfeitamente atendidos, faz-se necessário orientar tecnicamente os detentores de PCB, bem como os demais atores envolvidos no processo, como os prestadores de serviço e órgãos de meio ambiente.

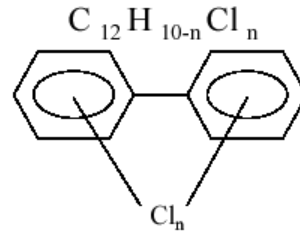
Este manual apresenta um resumo dos aspectos técnicos, ambientais e legais ligados à gestão de resíduos PCB e à operação e gerenciamento de equipamentos elétricos contaminados por Bifenilas Policloradas, com o objetivo de minimizar os riscos e orientar quanto às formas seguras de manuseio do produto. Para tanto, são apresentadas e discutidas as principais características das PCB e suas aplicações e as tecnologias atualmente empregadas para o seu manuseio, armazenamento, controle, transporte e destinação final. As informações aqui contidas constituem instruções de boas práticas para a gestão ambientalmente saudável de PCB e não devem ser confundidas com as obrigações legais.

## Sumário

<b>1. INTRODUÇÃO:</b> .....	<b>6</b>
<b>2. OPERAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS PCB E CONTAMINADOS:</b> .....	<b>28</b>
<b>4. TÉCNICAS DE EMBALAGEM:</b> .....	<b>46</b>
<b>5. ROTULAGEM <sup>(13)</sup>:</b> .....	<b>49</b>
a) Rotulagem de categoria contaminado por PCB: .....	49
b) .....	49
<b>6. ARMAZENAGEM:</b> .....	<b>57</b>
<b>7. TRANSPORTE:</b> .....	<b>61</b>
7.1.1. Líquidos Contaminados por PCB: .....	61
7.1.2. Sólidos Contaminados por PCB: .....	63
7.1.3. Equipamentos PCB: .....	63
8.2.1. Resíduos em Estado Líquido:.....	69
8.2.2. Resíduos em Estado Sólido:.....	69
8.3.1. Destruição térmica por incineração: .....	70
8.3.2. Destruição térmica em fornos a plasma:.....	72
8.3.3. Reação de oxidação por oxigênio puro a alta pressão:.....	75
8.3.4. Hidrogenação catalítica: .....	76
8.3.5. Desalogenação por sódio:.....	77
8.3.6. Desalogenação por PEG/PPG: .....	78
8.3.7. Reciclagem de materiais impermeáveis: .....	79

## 1. INTRODUÇÃO

As Bifenilas Policloradas (PCB) são compostos aromáticos clorados cuja família é constituída por cerca de 209 compostos diferentes (Figura 1). Os produtos comerciais fabricados à base de PCB, 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.



**Figura 1** – Estrutura molecular das Bifenilas Policloradas (PCB)

As misturas comerciais foram produzidas em vários países, com diferentes denominações, conforme exemplificado na Tabela 1. No Brasil a marca Aroclor foi comercializada com o nome de “Ascarel” que passou a ser utilizado no Brasil como sinônimo de óleos minerais isolantes à base de Bifenilas Policloradas. No País não se tem registros da produção de PCB, sendo o produto importado principalmente dos Estados Unidos e Alemanha.

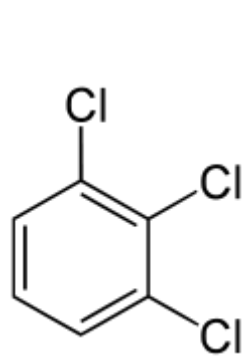
As mesmas propriedades físico-químicas que tornam esses compostos excelentes dielétricos, também os condenam como poluentes orgânicos persistentes (POPS). Os países signatários da Convenção de Estocolmo baniram a produção, importação ou comercialização de PCB e

se comprometeram a identificar as fontes detentoras dos passivos e estabelecer políticas públicas para monitorar a destinação correta desses produtos, a fim de evitar a contaminação ambiental que traz como consequência efeitos nocivos ao ambiente global.

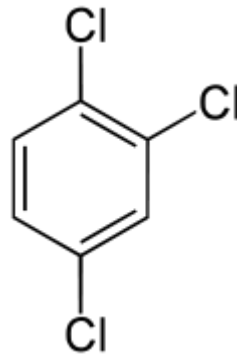
As misturas técnicas de PCBs são conhecidas com diferentes denominações, segundo o fabricante e o país de origem; porém o nome mais conhecido no Brasil foi o da marca ASCAREL. Os ascaréis são compostos por uma mistura de bifenilas policlorada e triclorobenzeno (TCB), o que confere à mistura características adequadas de viscosidade.

### 1.1. Óleos Isolantes Ascarel

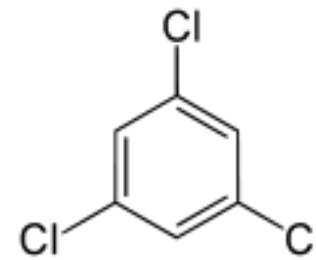
Os Ascaréis são líquidos isolantes elétricos constituídos por uma mistura de 60% a 40% de Triclorobenzeno (TCB) e igual proporção de Bifenilas Policloradas (PCB), conforme a fórmula estrutural abaixo



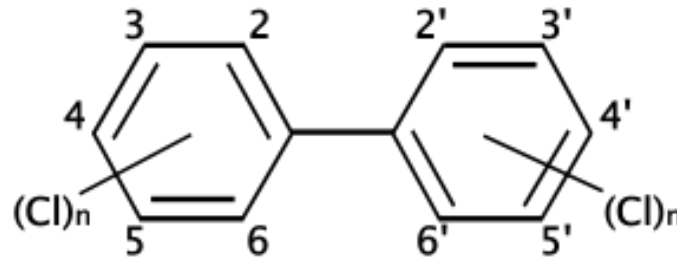
1,2,3 Triclorobenzeno



1,2,4 Triclorobenzeno



1,3,6 Triclorobenzeno



Bifenila Policlorada (PCB)

Os líquidos isolantes assim formulados apresentam boas características dielétricas e grande estabilidade térmica e química.

Foram desenvolvidos no final da década de 30 nos EUA, com o objetivo de ser 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 trânsito frequente de pessoas.

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

A tabela a seguir apresenta as principais marcas comerciais dos óleos tipo Ascarel.

MARCA	FABRICANTE
-------	------------



## MANUAL DE GERENCIAMENTO DE BIFENILAS POLICLORADAS (PCB)

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

TABELA 1: MARCAS COMERCIAIS DOS ASCARÉIS

## 1.2. HISTÓRICO

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.

Na década de 30, a regulamentação legal e técnica 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 em PCB, devido à sua característica de não flamabilidade.

As formulações baseadas na mistura de PCB e TCB apresentam boas características isolantes, grande durabilidade e grande eficácia quanto à 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.

Na década de 60, a Organização das Nações Unidas (ONU) estabeleceu um programa de monitoramento global de alguns poluentes considerados perigosos, entre eles o pesticida dicloro-difenil-tricloroetano, conhecido como 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 grupo de compostos, presentes em vários dos substratos pesquisados, e por fim identificados como sendo Bifenilas Policloradas.

O prosseguimento deste monitoramento demonstrou que o PCB estava globalmente disperso no meio ambiente terrestre. O PCB foi então, incluído na relação das Nações Unidas como um dos poluentes preferenciais, hoje conhecidos como “Poluentes Orgânicos Persistentes (POPS)” e objeto da “Convenção de Estocolmo”.

Em 1968, na cidade de Kyusho, localizada na ilha de Yusho, 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 PCB e foi acidentalmente misturado ao óleo comestível que foi embalado e comercializado entre a população local.

A população de Kyusho passou a apresentar um conjunto de sintomas patológicos, denominados então de "Mal de Kyusho", que incluíam cloroacne, hiperqueratose, bronquite, edema e entorpecimento dos membros, entre outros. Ainda hoje os pacientes do chamado mal de Yusho” são objeto de estudos. Estas ocorrências foram atribuídas à ingestão de PCB misturado ao óleo comestível. <sup>(2,3)</sup>.

Aproximadamente na mesma época, o PCB foi detectado entre os poluentes encontrados no loteamento de “Love Canal”, construído próximo às Cataratas do Niágara, no estado de Nova Iorque, EUA, onde foram observados sintomas semelhantes entre os moradores. O loteamento fora construído sobre um antigo aterro industrial que atendia a várias empresas da região e entre os diversos poluentes ali detectados, e que causaram uma série de sintomas na população local, foram encontrados PCB.<sup>(4)</sup>

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

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 o PCB entre outras substâncias, inclusive o amianto. O projeto de lei é aprovado em 1976, porém o capítulo relativo ao PCB 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 <sup>(5)</sup>.

É importante observar que apesar de estudos posteriores aos acidentes de Kyusho e Love Canal, terem demonstrado que o PCB não pode ser classificado como tóxico, estes produtos não foram retirados do TSCA em função dos vários efeitos nocivos à saúde e ao meio ambiente

também comprovados. Apesar das sucessivas alterações introduzidas na legislação norte americana, os dispositivos relativos à proteção humana e ambiental permanecem os mesmos.

No Brasil, é publicada em 1981 a Portaria Interministerial 019 (MIC, MI, MME) que proíbe a comercialização e uso do PCB em todo o território nacional.

——— Em 2001, o Brasil assina a Convenção de Estocolmo que é promulgada pelo Decreto Federal nº 5.472 de 2005, quando o país se compromete com a retirada total de uso do PCB até o ano de 2025.

### 1.3. PRINCIPAIS USOS do PCB

Devido às suas características de grande estabilidade térmica e química e bacteriostaticidade, formulações à base de PCB 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 PCB 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 de PCB 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 e como diluente para os principais conservantes da madeira.

Na área industrial, foi utilizado como estabilizante de diversas formulações de plásticos e borrachas especiais, principalmente produtos à base de PVC e Borracha Clorada.

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

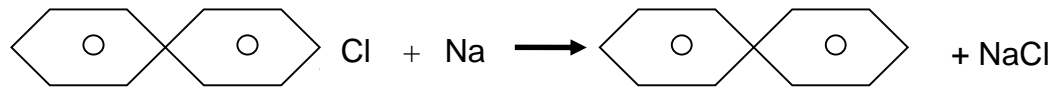
#### 1.4. PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS do PCB

As PCB 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.

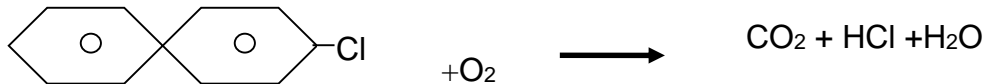
A densidade das formulações de fluidos isolantes tipo Ascarel mais comuns encontra-se na faixa de 1,3 a 1,5 e a viscosidade a 25º Celsius, na ordem de 10 a 20 cSt.

##### **1.4.1) Reações químicas características das PCB**

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 PCB:

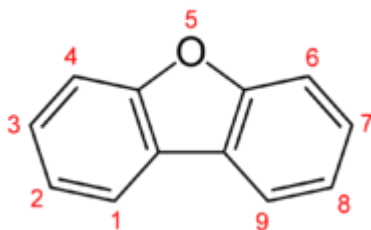
a) **Reação com sódio:**

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.

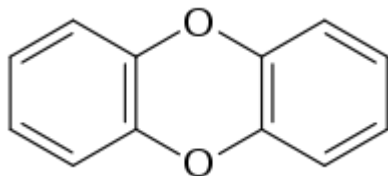
b) **Reação de oxidação**

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

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

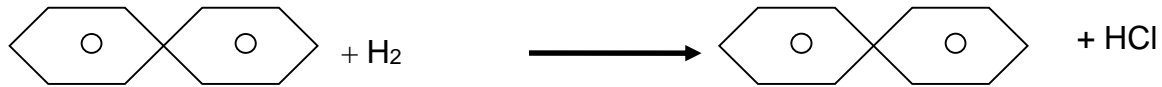


Dibenzo-furano



Dibenzo-dioxina

## c) Redução catalítica



A reação de redução ocorre também em condições enérgicas através da hidrogenação catalítica das PCB, 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.

— Ainda é importante observar que quando referimos aos líquidos isolantes Ascarel, estamos considerando uma mistura de PCB que contém compostos com 1 a 10 átomos de cloro por molécula. Na maior parte das PCB utilizadas para a formulação de Ascarel 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 BIÓTICOS, TOXICOLÓGICOS E DE SAÚDE HUMANA DAS PCB

Do ponto de vista biótico, as PCB apresentam como principais características, a não biodegradabilidade, a bacteriostaticidade, e a



**MANUAL DE GERENCIAMENTO DE BIFENILAS POLICLORADAS (PCB)**

---

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 os PCB são classificados como não tóxicos a levemente tóxicos, 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 de saúde humana, 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 em 1985 <sup>(6)</sup>:

LD 50 Oral/ Ratos			LD 50 Dermal/Coelhos	
Composto	Forma	LD 50 g/Kg de peso da cobaia	Forma	LD 50 g/Kg de peso da cobaia
Aroclor 1221	puro	3,98	Puro	2,00 - 3,169

## MANUAL DE GERENCIAMENTO DE BIFENILAS POLICLORADAS (PCB)

Aroclor 1232	puro	4,47	Puro	1,26 - 2,0
Aroclor 1242	puro	8,65	Puro	0,794 - 1,269
Aroclor 1248	puro	11,0	Puro	0,794 - 1,269
Aroclor 1260	a 50% em óleo de milho	10,0	a 50% em óleo de milho	1,26 - 2,0
Aroclor 1262	a 50% em óleo de milho	11,3	a 50% em óleo de milho	1,26 - 3,16
Aroclor 1268	a 50% em óleo de milho	10,9	a 50% em óleo de milho	2,5

TABELA 2: TOXICIDADE AGUDA DAS PCB

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

TABELA 3: EFEITOS DAS PCB NO SISTEMA DE DEFESA IMUNOLÓGICA

A International Agency for Research on Cancer - IARC classifica os compostos PCB no grupo **2A** como “prováveis carcinogênicos humanos”. O congêner de PCB 126 foi reclassificado pela IARC em 2009 como grupo 1A “carcinogênico para humanos” com base em resultados experimentais e similaridade de mecanismo de ação da molécula quando comparada a outros compostos carcinogênicos <sup>(7)</sup>.

O PCB 1254 tem a seguinte classificação de perigo pelo GHS:

- Toxicidade aguda – Oral – Categoria 4
- Toxicidade aguda – Dérmica – Categoria 3
- Carcinogenicidade – Categoria 1B
- Toxicidade à reprodução – Categoria 1A
- Toxicidade para órgãos-alvo específicos – Exposição única – Categoria 3
- Toxicidade para órgãos-alvo específicos – Exposição repetida – Categoria 1
- Perigoso ao ambiente aquático – Agudo – Categoria 1
- Perigoso ao ambiente aquático – Crônico – Categoria 1

As PCB apresentam ainda características alergênicas acentuadas podendo provocar reações significativas nos sistemas respiratório e epitelial.

É importante observar, ainda que o óleo isolante ASCAREL, contém o TCB como constituinte da mistura. Os TCB 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 avaliados os impactos 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 PCB são classificadas internacionalmente como poluentes orgânicos persistentes (POPs), que são objeto de regulamentação internacional pela Convenção de Estocolmo, que prevê seu banimento, juntamente com substâncias como o DDT, BHC e os demais POPS<sup>(8)</sup>.

a) Não biodegradabilidade significa que as PCB não são processadas pela maioria dos microrganismos naturais e, como possuem também elevada estabilidade química, permanecem no meio ambiente por períodos de tempo extremamente longos. Por serem substâncias bioacumulativas, 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 contato com o meio irá concentrar as PCB sucessivamente em seu organismo, fazendo com que o grau de contaminação seja maior nos organismos superiores.

A presença das PCB 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.

## **1.7. ASPECTOS LEGAIS**

### **17.1 Considerações Gerais**

Os resíduos de PCB são classificados como perigosos na maioria dos países inclusive pela Convenção de Basileia sobre Movimentação Transfronteiriça de Resíduos Perigosos e tem seu banimento já decretado por aqueles que são signatários da “Convenção de Estocolmo”. Entretanto há muitas diferenças no que diz respeito às regulamentações de manuseio, transporte, armazenamento e destinação final.

A regulamentação mais completa e detalhada sobre o assunto é a constante do USCFR (United States Code of Federal Regulations) Volume 40, parte 761. Esta regulamentação é usada como referência em vários países pelas autoridades ambientais.

## 17.2 Legislação Brasileira

### a) Legislação Geral <sup>(9)</sup>

No Brasil a legislação referente à proteção do meio ambiente tem sua competência definida na Constituição Federal de 1988.

CF/1988

- Art. 23 trata da competência comum da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios em proteger o meio ambiente e combater a poluição em qualquer de suas formas;
- art 24 da competência da União, Estados e Distrito Federal legislar concorrentemente sobre a defesa do solo e dos recurso naturais, proteção do meio ambiente, controle de poluição e responsabilidade por dano ao meio ambiente;
- art 225 impõe ao poder público e a coletividade o dever de preservar e defender o meio ambiente para as presentes e futuras gerações; também trata das condutas e atividades consideradas lesivas ao meio ambiente onde sujeitarão os infratores, pessoas físicas ou jurídicas, a sanções penais e administrativas, independentemente da obrigação de reparar os danos causados.

### Acordos Internacionais

- Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição Causada por Navios, (Londres, 1973) e seu Protocolo (Londres, 1978), suas Emendas (1984) e seus Anexos Opcionais III, IV e V: tem por objetivo impedir a poluição do meio ambiente marinho através da descarga de substâncias danosas ou de efluentes contendo tais substâncias. Conforme a Regra 16, do Anexo VI da MARPOL 73/-1978 sob o título “Regras para a Prevenção da Poluição do Ar Causada por Navios” é vedada a incineração de determinadas substâncias a bordo dos navios, inclusive as bifenilas policloradas (PCB);

- Convenção de Basiléia sobre o Controle de Movimentos Transfronteiriços de Resíduos Perigosos e seu Depósito (Basiléia, 1989): estabelece mecanismos internacionais de controle desses movimentos, baseado no princípio do consentimento prévio e explícito para importação e trânsito de resíduos perigosos, procurando coibir o tráfico ilícito e prevê a intensificação da cooperação internacional para a gestão adequada desses resíduos;
- Convenção de Roterdã sobre Procedimento de Consentimento Prévio Informado para o Comércio Internacional de Certas Substâncias Químicas e Agrotóxicos Perigosos (Roterdã, 1998). O PCB consta na lista do Anexo III sobre “Substâncias Químicas Sujeitas ao Procedimento de Consentimento Prévio Informado”;
- Convenção de Estocolmo sobre Poluentes Orgânicos Persistentes (Estocolmo, 2001) objetiva proteger a saúde humana e o meio ambiente dos poluentes orgânicos persistentes por meio da adoção de medidas para reduzir ou eliminar as liberações decorrentes de produção e uso intencionais e não-intencionais, bem como estoques e resíduos considerados POP, inclusive PCB.

#### **Decretos Legislativos**

- Decreto Legislativo 34/1992: aprova o texto da Convenção sobre Controle de Movimentos Transfronteiriços de Resíduos Perigosos e sua Eliminação (Basiléia, 1989);
- Decreto Legislativo 60/1995: aprova o Texto da Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição por Navios (Londres, 1973)
- Decreto Legislativo 463/2001: aprova os textos da Emenda ao Anexo I e dos Anexos VIII e IX à Convenção de Basiléia sobre o Controle do Movimento Transfronteiriço de Resíduos Perigosos e seu Depósito (1989).

- Decreto Legislativo 197/2004: aprova o texto da Convenção sobre Procedimento de Consentimento Prévio Informado para o Comércio Internacional de Certas Substâncias Químicas e Agrotóxicos Perigosos (Roterdã, 1998);
- Decreto Legislativo 204/2004: aprova o texto da Convenção de Estocolmo sobre Poluentes Orgânicos Persistentes (Estocolmo, 2001);
- Decreto Legislativo 499/2009 aprova o texto consolidado da Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição por Navios, adotada pela Organização Marítima Internacional, em Londres/1973.

#### Leis

- Lei 6.938/1981: dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, e regulamentos
- Lei 7.347/1985: disciplina a ação civil pública de responsabilidade por danos causados ao meio ambiente.
- Lei 9.605/1998: crimes ambientais e regulamentos
- Lei 12.305/2010: institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos e regulamentos;
- Lei 12.288/2006- **Governo do Estado de São Paulo**: Obriga a eliminação de qualquer resíduo PCB até 2020

#### Decretos

- Decreto 99.274/1990 regulamenta a Lei 6.902/1998, e a Lei 6.938/1998,
- Decreto 875/1993: promulga o texto da Convenção sobre o Controle de Movimentos Transfronteiriços de Resíduos Perigosos e seu Depósito

(Basiléia, 1989);

- Decreto 2.508/1998: promulga a Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição Causada por Navios (Londres, 1973)
- Decreto 3.048/1999: aprova o Regulamento da Previdência Social,
- Decreto 4.581/2003 promulga a Emenda ao Anexo I e Adoção dos Anexos VIII e IX à Convenção de Basiléia sobre o Controle do Movimento Transfronteiriço de Resíduos Perigosos e seu Depósito.
- Decreto 5.098/2004: dispõe sobre a criação do Plano Nacional de Prevenção, Preparação e Resposta Rápida a Emergências Ambientais com Produtos Químicos Perigosos - P2R2;
- Decreto 5.360/2005: promulga a Convenção sobre Procedimento de Consentimento Prévio Informado para o Comércio Internacional de Certas Substâncias Químicas e de Agrotóxicos Perigosos (Roterdã, 1998);
- Decreto 5.472/2005: promulga o texto da Convenção de Estocolmo sobre Poluentes Orgânicos Persistentes (2001);
- Decreto 6.514/2008: dispõe sobre as infrações e sanções administrativas ao meio ambiente

### **Resoluções**

- Resolução CONAMA 2/1991: dispõe sobre o tratamento a ser dado às cargas deterioradas, contaminadas ou fora de especificações;
- Resolução CONAMA 313/2002 dispõe sobre o Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais e determina que as concessionárias de energia elétrica e empresas que possuam materiais e equipamentos contendo bifenilas policloradas (PCB) .



- Resolução CONAMA 316/2002: disciplina os processos de tratamento térmico de resíduos e estabelece para PCB a taxa de eficiência de destruição e remoção (EDR)
- Resolução CONAMA 396/2008: dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas
- Resolução ANP 36/2008: estabelece no Regulamento Técnico ANP as especificações dos óleos minerais isolantes tipo A e tipo B comercializados em todo o território nacional.
- Resolução ANP 19/2009: estabelece os requisitos necessários à autorização para o exercício da atividade de rerrefino de óleo lubrificante usado ou contaminado, e a sua regulação.
- Resolução CONAMA 420/2009: dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas, inclusive PCB;
- Resolução CONAMA 452/2012: dispõe sobre os procedimentos de controle da importação de resíduos, conforme as normas adotadas pela Convenção da Basileia sobre o Controle de Movimentos Transfronteiriços de Resíduos Perigosos e seu Depósito.

#### **Portarias**

- Portaria MINTER 124/1980: estabelece normas para a localização de indústrias potencialmente poluidoras junto à coleções hídricas;
- Portaria Interministerial MIC/MI/MME 19/1981: instituiu a proibição da produção, uso e comercialização de PCB em todo o território nacional.

### Instruções Normativas

- Instrução Normativa SEMA/STC/CRS 1/1983: disciplina as condições a serem observadas no manuseio, armazenamento e transporte de bifenilas policloradas - PCB e/ou resíduos contaminados com PCB. Para sua aplicação determina a observância do seguinte: NBR 7500 - Simbologia para o Transporte, Armazenamento e Manuseio de Materiais; NBR 7501 - Terminologia para Transporte de Cargas Perigosas; NBR 7502 - Classificação para Transporte de Cargas Perigosas; NBR 7503 - Ficha de Emergência; NBR 7504 - Envelope para o Transporte de Cargas Perigosas; Portaria Interministerial MI/MIC/MME 19/1981; Transporte de Produtos Perigosos; Instituto Brasileiro de Petróleo;
- Instrução Normativa SDA 8/2010: aprova os Programas de Controle de Resíduos e Contaminantes em Carnes (bovina, aves, suína e equina), leite, mel, ovos e pescado para o exercício de 2010. Estabelece limite de referência para PCB;

### Normas Técnicas

- ABNT NBR 13741:1996. Fixa as condições exigíveis para a destinação de bifenilas policloradas (PCB) e resíduos contaminados com PCB;
- ABNT NBR 13882:2008. Especifica o método para determinação do teor de bifenilas policloradas (PCB) em líquidos isolantes elétricos não halogenados. Veda o uso de materiais plásticos na coleta que deve seguir os procedimentos da NBR 8840:1992, usando um sistema específico para cada equipamento avaliado, para não ocorrerem contaminações cruzadas;
- ABNT NBR 8371:2005. Descrevem os ascaréis para transformadores e capacitores, suas características e riscos, e estabelece orientações para seu manuseio, acondicionamento, rotulagem, armazenamento, transporte, procedimentos para equipamentos em operação e destinação final. Mesmo conteúdo da Instrução Normativa SEMA/STC/CRS 1;

- ABNT NBR 7500:2011 errata 1:2012. Simbologia para o Transporte, Armazenamento e Manuseio de Materiais;
  - ABNT NBR 7501:2011. Terminologia para Transporte de Cargas Perigosas;
  - ABNT NBR 7503:2012 errata 1:2012. Ficha de Emergência;
  - ABNT NBR 7504:2001. Envelope para o Transporte de Cargas Perigosas. Substituída pela ABNT NBR 7503:2003.
- 
- LEIS ESTADUAIS:
    - **Estado de São Paulo: Lei nº 12.288, de 22 de fevereiro de 2006.**
      - Obriga a eliminação de qualquer resíduo PCB até 2020
      - Define “Resíduos PCB” como qualquer material que contenha mais do que 50 ppm de PCB.
      - Dá prazos para eliminação escalonados conforme local de instalação dos equipamentos.
      - Estipula 180 dias para a elaboração de “Inventário” de resíduos PCB.
    - NORMAS TÉCNICAS:
      - **Norma ABNT/NBR-8371:**
        - Apresenta instruções quanto à rotulagem, transporte e armazenamento.
        - Apresenta também algumas observações sobre destinação final e classificação de resíduos.

- Necessita revisão para adequação de vários conceitos à regulamentação atual.

#### OBSERVAÇÕES:

I) O conceito de Gerador dos resíduos está estabelecido na jurisprudência ambiental como o elo da cadeia que por último utilizou aquele produto em seu sistema produtivo. Assim, o gerador é quem usa o produto e não quem o produziu. Nos casos em que os resíduos são manipulados por várias entidades jurídicas ou físicas diferentes, seria difícil estabelecer responsabilidades. Portanto, as alternativas de disposição de resíduos devem ser cuidadosamente avaliadas pois em caso de mudanças na legislação o gerador poderá vir a ser responsabilizado futuramente.

II) A legislação não indica quais são os processos indicados para tratamento de resíduos. A destinação final pretendida deve ser proposta à autoridade ambiental e caso aceita, poderá ser aplicada. Dentre os poluentes organoclorados, os PCB são os de mais difícil processamento e os equipamentos de incineração devem possuir características exigidas de temperatura, excesso de oxigênio e tempo de residência, para serem utilizados para PCB, além do sistema de emissões

## **2. OPERAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS PCB E CONTAMINADOS:**

Os transformadores e capacitores são ativos de grande importância para o setor produtivo da economia. No caso de transformadores, não é possível determinar o teor de PCB em cada constituinte dos transformadores em operação, sem prejudicar seu funcionamento e, considerando que as Bifenilas Policloradas irão se dispersar para o meio isolante líquido, os transformadores em operação devem ser classificados em função do teor de PCB em seu fluido isolante. São divididos em três categorias.

- ***Transformadores com traços de PCB: são aqueles que contêm menos do que 50 mg/kg de PCB em seu fluido isolante.***

***b) Transformadores contaminados por PCB: São aqueles que contêm mais do que 50mg/Kg de PCB e menos do que 500 mg/Kg de PCB em seu fluido isolante.***

***c) Transformadores PCB: são aqueles que contêm mais do que 500 mg/Kg de PCB em seu fluido isolante.”***

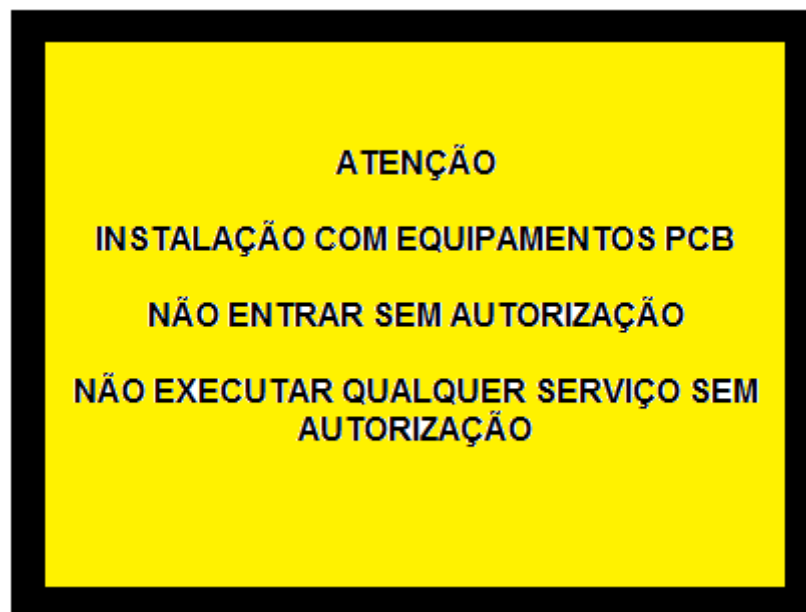
Assim, para os transformadores PCB ou contaminados por PCB que permanecerem em operação, deverão ser observados os procedimentos sugeridos neste capítulo.

Vale a pena reafirmar que, mesmo com teores abaixo de 50mg/kg de PCB, um resíduo de óleo e isolante continua sendo um resíduo perigoso pela legislação brasileira, e como tal sujeitos ao controle específico dos OEMAs

## 2.1. LOCAIS DE INSTALAÇÃO

### a) Sinalização

Os locais de instalação, sejam subestações, cubículos ou outros, deverão estar sinalizados com placa de advertência com as dimensões de 300 mm por 400 mm, na cor amarela com os seguintes dizeres em preto, com letras em tamanho tal que cubra 4/5 da superfície da placa:



**Figura 3: Placa de Advertência para Instalações com Equipamentos PCB**

b) Acesso

- O local de instalação deverá ter restrição de acesso por cerca, parede ou qualquer outro meio que permita impedir o acesso de pessoas não autorizadas.
- Caso a instalação esteja em local com trânsito de veículos, deverá ser protegida por barreiras físicas, que apresentem resistência compatível com o tipo de tráfego existente, para evitar colisões envolvendo os transformadores.

c) Contenção de vazamentos

- O local de instalação deverá contar com meios de contenção de vazamentos, que poderão ser bacias adaptadas sob os equipamentos PCB ou outros meios já existentes que garantam que eventuais vazamentos ficarão retidos para posterior recolhimento. Quaisquer dutos existentes no local como caixas de cabos, sistemas de drenagem ou outros meios de comunicação com o exterior deverão ser fechados para permitir a contenção de qualquer vazamento.

d) condições físicas

- O local de instalação deverá ter meios de ventilação, natural ou forçada que garanta que os vapores contendo PCB não irão se acumular.
- Não deverão ser armazenados materiais inflamáveis e/ou combustíveis nos locais de instalação de equipamentos PCB ou contaminados por PCB, devendo ser respeitada uma distância mínima de 50 m.
- Todos os locais de instalação de equipamentos PCB ou contaminados por PCB deverão ser providos com materiais para atendimento de emergência a derramamentos, tais como: material absorvente para PCB, vassouras e pás de material plástico, sacos de polietileno para recolhimento de resíduos e tambor(es) para embalagem de resíduos.

2.2. CONDIÇÕES DOS EQUIPAMENTOS

Os equipamentos PCB ou contaminados por PCB quando em operação, deverão atender aos requisitos. ÷

- Estar rotulados individualmente com o rótulo de risco previsto em Instrução Normativa que rege o transporte de cargas perigosas editada pelo Ministério dos Transportes: Rótulo de Risco “Classe 9” e com o rótulo específico para PCB.

- Portar “**Ficha de Inspeção Periódica**” conforme modelo abaixo que deverá ser atualizada mensalmente contendo as seguintes informações:
  - Avisos:
    - Não drenar o óleo isolante
    - Não realizar manutenção corretiva que exija a drenagem do óleo isolante.
    - Não tratar o óleo isolante
    - Não completar o nível sem autorização
    - Os serviços devem ser executados apenas por pessoal autorizado.
  - Resultados de inspeção para vazamentos nas válvulas superior e de dreno.
  - Resultados de inspeção para vazamentos nos radiadores.
  - Resultados de inspeção para vazamentos nas vedações da tampa, buchas e instrumentos.
  - Resultados de inspeção para sinais de vazamento no piso da subestação e na bacia de contenção.
  - Data e resultado da última análise quanto ao teor de PCB do fluido isolante.
  - Ensaio elétrico: discriminação e resultados
    - Resistência de isolamento.
    - Fator de potência da isolação
    - Relação de transformação.
    - Verificação do sistema de proteção.



Ficha de Inspeção de Transformadores

Equipamento:

Número de Série:

Número de Controle

Local:

**AVISOS**

**NÃO DRENAR O ÓLEO ISOLANTE**

**NÃO REALIZAR MANUTENÇÃO CORRETIVA QUE EXIJA A DRENAGEM DO ÓLEO ISOLANTE.**

**NÃO TRATAR O ÓLEO ISOLANTE**

**NÃO COMPLETAR O NÍVEL**

**VAZAMENTOS:**

Válvula inferior:

Válvula Superior:

Radiadores:

Tampa:

Buchas:

Instrumentos:

MANUAL DE GERENCIAMENTO DE BIFENILAS POLICLORADAS (PCB)

---

Bacia de contenção:

Piso da Subestação

**ENSAIOS ELÉTRICOS**

Resistência do Isolamento (data)

Relação de Transformação (data)

Fator de Potência do Isolamento (data)

Sistema de proteção verificado em: (data)

Teor de PCB do fluido isolante

Responsável:

### 2.3. MANUTENÇÃO DE TRANSFORMADORES

Na manutenção dos transformadores PCB ou contaminados, deve-se observar os seguintes procedimentos:

a) Realizar inspeções periódicas quanto às:

- condições de operação da unidade por meio de ensaios elétricos como Resistência de Isolamento, Relação de Transformação e Fator de Potência do Isolamento;

- existências de vazamentos nas buchas, guarnições, válvulas e radiadores;
- condições do revestimento externo quanto à corrosão e danos;
- condições de operação dos instrumentos;
- condições de operação do sistema de proteção.

b) No caso de necessidade de reparos, **deverá** seguir as orientações:

- Verificar se não há restrições legais para o serviço;
- reparos que exijam o esvaziamento total da unidade não devem ser realizados.
- reparos que sejam possíveis com o esvaziamento parcial da unidade, devem ser realizados, observando os procedimentos de segurança descritos no capítulo 3.
- todos os materiais utilizados nos serviços devem ser inventariados e sofrer destinação adequada como resíduos PCB.

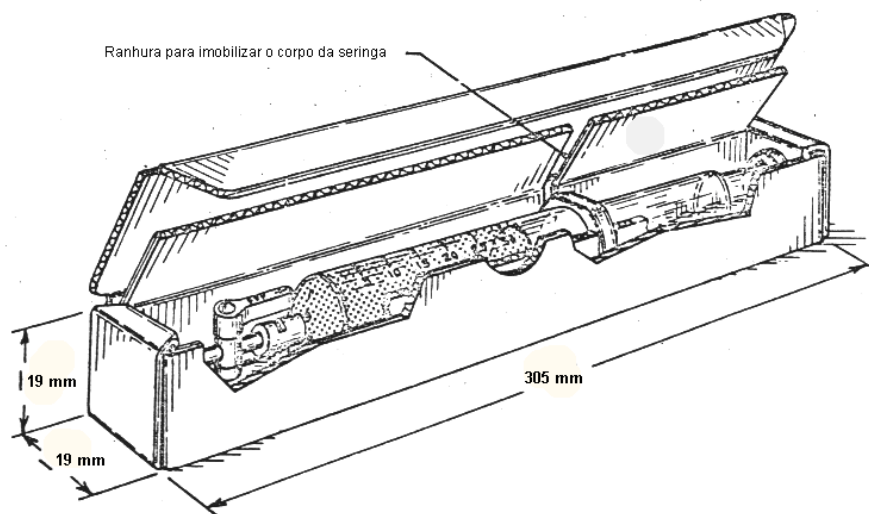
### 2.4. COLETA DE AMOSTRAS E ANÁLISE PARA DETERMINAÇÃO DO TEOR DE PCB DO ÓLEO ISOLANTE

Eventualmente será necessário coletar amostras do óleo isolante e proceder à análise do teor de PCB para determinar a categoria a qual

pertence o equipamento. Para isso, sugere-se os procedimentos a seguir:

a) Coleta de amostras <sup>(11)</sup>

A coleta de amostras para a determinação do teor de PCB deve ser feita utilizando seringas de vidro de 25 ou 50 ml, com ponta “luer lock”, providas de válvulas de 3 vias, do tipo usado para amostras destinadas à determinação do teor de água em óleos isolantes, obedecendo as seguintes etapas.



**Figura 4: Seringa para coleta de amostras**

-abrir a seringa e retirar o êmbolo com cuidado para não quebrar;

- lubrificar o êmbolo com o óleo a ser coletado e recolocá-lo na seringa, evitando o travamento da mesma;
- fechar a seringa;
- conectar a mangueira na seringa e na válvula do tanque;
- abrir a válvula da seringa, deixando que o óleo atinja a marca de 40 ml ou 20 ml, dependendo da seringa utilizada;
- fechar a seringa e a válvula do tanque;
- desconectar a mangueira;
- colocar a seringa na posição vertical por alguns minutos para que as bolhas de ar que eventualmente tenham entrado subam para a parte superior da seringa;
- retirar as bolhas, abrindo a seringa e pressionado o êmbolo, tomando o cuidado de segurar o êmbolo para que este não escorregue, deixando aproximadamente 80% do volume da seringa cheio e fechar a válvula;
- limpar a seringa e colocar na caixa juntamente com a etiqueta de identificação preenchida

b) Análise <sup>(12)</sup>

A determinação do teor de PCB em óleos isolantes pode ser feita quantitativamente em laboratório por cromatografia em fase gasosa, de acordo com a norma NBR correspondente ou por análise tipo “screening test” por metodologia que tenha a sensibilidade necessária para dar os resultados como “maior que 50 mg/Kg” ou “menor que 50mg/Kg” e que apresente probabilidade de resultado falso positivo inferior a 1%. Em ambos os casos, as análises devem ser realizadas por profissional da química com o devido registro em conselho profissional que se responsabilizará pelo resultado fornecido. Nenhum tipo de análise química, deve ser realizado por profissional não habilitado a interpretar corretamente os resultados obtidos.

É esperado que os laboratórios sejam acreditados pelo INMETRO, de modo a garantir a homogeneidade dos resultados

### 3. MANUSEIO

#### 3.1. PLANEJAMENTO

Todas as operações de deslocamento, remoção ou manutenção em transformadores da Classe PCB ou Contaminado deverão ser precedidas de plano de trabalho , contendo a identificação e assinatura dos responsáveis.

##### a) Plano geral de trabalho

- Cronograma previsto para os trabalhos;
- Análise dos riscos envolvidos;
- Descrição das operações a realizar;
- Descrição dos trajetos em caso de deslocamentos e
- Relação do pessoal envolvido no serviço.

##### b) Plano de prevenção de acidentes ambientais composto por:

- Descrição dos riscos de vazamento estimados e
- Descrição das medidas de minimização de riscos a serem adotadas.

##### c) Plano de prevenção de incêndios composto por:

- Levantamento dos materiais inflamáveis e/ou combustíveis presentes nos locais de operação;

- Descrição dos dispositivos de combate a incêndio a serem utilizados e
- Relação dos telefones de emergência a utilizar em caso de incêndio.

***O combate ao fogo em locais e materiais que contenham PCB não utilizar água, já que isso causaria a dispersão do PCB por toda a região afetada. O combate a incêndios, conforme norma ABNT NBR 11715, deve ser realizado com extintores classe B e C -***

- d) Plano de prevenção de acidentes pessoais composto por:
  - análise dos riscos de acidente previstas na operação,
  - descrição das medidas de prevenção ;
  - descrição dos Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) a utilizar nos casos de contato direto e indireto, e
  - ata da reunião de segurança preparatória.

### 3.2. MOVIMENTAÇÃO DE RESÍDUOS OU EQUIPAMENTOS

De forma a prevenir a ocorrência de derramamentos e vazamentos, deve-se observar os seguintes procedimentos:

- a) Toda a movimentação de equipamentos ou objetos contendo PCB deve seguir procedimentos e roteiros previamente planejados, observando-se as recomendações a seguir:
  - as embalagens ou equipamentos devem ser movimentados sempre em posição vertical;
  - nos casos de içamento, usar estropos adequados para evitar danos às partes sensíveis dos equipamentos como buchas e válvulas;

- no caso de transporte por empilhadeiras, nunca apoiar os garfos em bordas de tambores, radiadores e válvulas de transformadores;
- transportar qualquer carga devidamente amarrada para evitar tombamentos;
- não transportar equipamentos, tambores ou outros objetos, se estiverem danificados, corroídos ou apresentando vazamentos, nestes casos, os produtos devem ser reembalados, acondicionando os resíduos líquidos ou sólidos contaminados em recipientes adequados para o deslocamento.

### 3.3. EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL

Os equipamentos de proteção individual devem ser selecionados em função do tipo de contato com o PCB. O contato pode ser direto, quando o trabalhador está no mesmo ambiente do PCB ou indireto, quando os PCB estão embalados ou contidos em equipamentos selados.

Todos os EPI devem ser devidamente registrados e homologados pelos órgãos responsáveis, e bem como pelo responsável do setor.

#### a) Contato Indireto:

- Capacete de segurança
- Óculos de Segurança com proteção lateral
- Macacão de tecido
- Luvas Impermeáveis de PVC ou Borracha



- Avental Impermeável
- Botas de segurança impermeáveis

b) Contato Direto:

- Macacão impermeável tipo “Tyvek” com pés e capuz, sobre macacão convencional conforme figura ilustrativa



**Figura 5: Macacão impermeável.**

- Óculos Ampla Visão

- Máscara meia face com filtro tipo “Hg” ou filtro para vapores orgânicos
- Luvas impermeáveis, sobre luvas cirúrgicas
- Botas impermeáveis

As luvas e botas de segurança devem ser seladas por fita adesiva no ponto em que encontram o macacão impermeável para vedar os espaços.

c) Casos especiais

Nos casos em que seja necessário o trabalho com PCB em condições de alta temperatura, ou em ambientes confinados, deve-se usar o mesmo conjunto acima, substituindo-se a máscara meia face por máscara de face inteira contra gases tóxicos provida de equipamento de respiração autônoma.



**Figura 6: Máscara face inteira**

#### 3.4. HIGIENE

Durante o trabalho envolvendo o PCB devemos observar os seguintes procedimentos:

##### a) Higiene Pessoal:

Não é permitido comer, beber ou fumar

As roupas usadas, ainda que protegidas pelos EPIs, não devem ser utilizadas em outras atividades

Ao sair das áreas de trabalho deve, após retirar todos os EPI, lavar as mãos, rosto e braços.

b) Higiene do Ambiente de Trabalho

As áreas onde ocorram manuseio de PCB devem ser:

- Limpas, livres de objetos, lixo e ferramentas desnecessárias
- Ventiladas para o ambiente externo
- Separadas de outras áreas por uma zona de transição onde serão colocados e removidos os EPIs
- Distantes de fontes de calor

3.5. PREVENÇÃO DE ACIDENTES AMBIENTAIS

Para evitar que eventuais derramamentos ou vazamentos atinjam o ambiente externo à área de trabalho, devem ser tomadas as seguintes medidas:

a) Adequação da área

- Inspecionar e catalogar todos os pontos de saída de águas pluviais, caixas de passagem de cabos, sistemas de drenagem, e vedá-los com material impermeável como lonas de polietileno, antes de iniciar qualquer atividade.
- Instalar meios de contenção para os pontos onde haverá a passagem do PCB em estado líquido como bombas, válvulas, conexões, etc. Para isso podem ser usadas bandejas ou outros recipientes colocados sob os pontos onde há possibilidade de vazamento em acordo com as normas técnicas.
- Adquirir e disponibilizar materiais absorventes, pás, vassouras e tambores vazios para o recolhimento de eventuais derramamentos.

- As operações de transferência de resíduo em estado líquido de seus equipamentos originais para outros recipientes; bombeamento, manipulação de bombas e mangueiras, movimentação do pessoal executante, etc, devem ser realizadas dentro de bacia de contenção, capaz de reter o volume do líquido -

### 3.6. PRIMEIROS SOCORROS<sup>13</sup>

Geralmente, não há sintomas imediatos causados pela exposição aos PCB, a menos que a exposição seja provocada por ingerir quantidade significativa de PCB ou entrar, cair em tanque contendo PCB. Nesses casos, o trabalhador pode experimentar náusea, vômito, irritação respiratória (tosse, pigarro) e irritações na pele (vermelhidão). Em longo prazo, exposição a baixo nível, pode resultar no desenvolvimento de cloracne (irritação da pele) por semanas ou meses, podendo ocorrer também escurecimento da pele. A exposição também pode causar aumento no fígado.

Exposições prolongadas, como o toque direto em óleo contaminado por PCB ou tintas, ou ao respirar fuligem de material contaminado por PCB continuamente por meses, requerer avaliação médica. Se a exposição ocorrer no trabalho, o trabalhador deve ser conduzido ao serviço médico especialista em medicina ocupacional.

Se o PCB entrar em contato com os olhos, lavar imediatamente com água morna por pelo menos 15 minutos, seguido de um exame ocular se existir sintomas. No evento raro de ingestão de substâncias contendo PCB, imediatamente procurar cuidado médico.

Em todos os locais onde ocorra o manuseio de PCB, deve haver em local visível a relação dos contatos a fazer em caso de acidente, incluindo o socorro médico.

Devem estar disponíveis os materiais de primeiros socorros mais usuais como:

- Esparadros, bandagens, talas, etc

- Produtos para limpeza de pele: sabonete neutro, fontes de água corrente.
- Relação de equipamentos de emergência e sua localização:
  - Lava olhos, chuveiros de emergência, etc.

Os materiais de primeiros socorros devem ser definidos pelo serviço médico, responsável para os primeiros socorros.

### 3.7. RELATÓRIOS DE TRABALHO

Após a realização de qualquer serviço envolvendo equipamentos ou resíduos PCB deverá ser elaborado um “Relatório de Serviços” que deverá conter no mínimo:

- cópia do plano de trabalho;
- descrição das operações realizadas;
- relação de pessoas envolvidas no serviço;
- relação de EPIs distribuídos e recibos assinados pelos participantes;
- descrição de acidentes ou incidentes eventualmente ocorridos;
- relatório fotográfico das atividades e incidentes e
- identificação e assinatura do responsável pelo serviço.

Este relatório deve ser mantido em arquivo por tempo indeterminado para fins de comprovação da conformidade das atividades.

## 4. TÉCNICAS DE EMBALAGEM

As técnicas de embalagens para os resíduos PCB são divididos em três grupos:

- Grupo 1 - Resíduos em estado líquido.
- Grupo 2 - Resíduos em estado sólido: materiais sólidos contaminados por PCB.
- Grupo 3 - Equipamentos: transformadores, capacitores ou outros.
  - a) Grupo 1 - Resíduos em estado líquido
    - Os resíduos PCB em estado líquido deverão ser embalados em tambores específicos para transporte de resíduos perigosos, cheios até 90% de sua capacidade para permitir a dilatação do fluido neles contido além de evitar sobrecarga da embalagem.
    - Os resíduos PCB não devem ser embalados em tambores ou outros recipientes que estejam em mau estado de conservação, ou que apresentem sinais de danos internos ou externos.
    - Não é permitida a embalagem destes resíduos PCB em tambores ou bombonas cujo fechamento seguro não seja possível.
    - As embalagens de resíduos PCB em estado líquido devem ser hermeticamente fechadas para fins de armazenagem ou transporte.
  - b) Grupo 2 - Resíduos em estado sólido
    - Os resíduos PCB em estado sólido deverão ser embalados em tambores específicos para transporte de resíduos perigosos com tampa removível, ou outra embalagem que atenda às necessidades de segurança para o caso de peças de grandes dimensões que não caibam em tambores.

○ Os resíduos em estado sólido podem apresentar pontas ou protuberâncias que podem danificar a embalagem. Para isso deve-se utilizar material para acolchoamento e amortecimento de choques, como serragem, palha, papel, etc.

c) Grupo 3 - Equipamentos

- Capacitores e outros equipamentos de pequenas dimensões deverão também ser acondicionados em tambores.
- Capacitores e outros equipamentos cujas dimensões excedam as dos tambores homologados, deverão ser acondicionados em sacos de polietileno de 0,8mm de espessura e lacrados a quente ou por fita adesiva de alta resistência.
- Os transformadores poderão ser considerados como embalagem, se apresentarem integridade em seu tanque, apenas para fins de armazenagem.





### Figura 7: Embalagem para resíduos PCB

## 5. ROTULAGEM <sup>13</sup>

### 5.1. ROTULAGEM DE EQUIPAMENTOS EM OPERAÇÃO




Os equipamentos elétricos em operação, das categorias prescritas na regulamentação, devem ser rotulados de forma a comunicar o perigo para qualquer usuário. As informações colocadas nos rótulos devem atingir todas as pessoas que usam, manipulam, transportam, armazenam ou descartam produtos químicos.

A Portaria nº 229 de 24 de maio de 2011 que atualiza NR-26, diz “A rotulagem preventiva do produto químico classificado como perigoso deve utilizar procedimentos definidos pelo Sistema Globalmente Harmonizado de Classificação e Rotulagem de Produtos Químicos (GHS), da Organização das Nações Unidas”.

Equipamentos elétricos PCB devem adotar a rotulagem do GHS, conforme definido pela NBR ABNT 14725-3: 2012, contendo para equipamento contaminado por PCB, e PCB no mínimo as seguintes características: Rotulagem de categoria contaminado por PCB:

a)

**b) Rotulagem de equipamento da categoria PCB**

<p><b>Nome da empresa:</b></p> <p><b>Endereço:</b></p> <p><b>Responsável químico:</b></p>		<h1>Bifenilas policloradas</h1>	
<p><b>Peso Líquido:</b></p>		<p><b>Peso Bruto:</b></p>	
<p><b>Lote:</b></p>		<p><b>Validade: 000 dias</b></p>	
<p><b>Composição química:</b> Bifenilas policloradas &gt; 500 ppm</p>			
<p><b>Pictogramas</b></p>		<p><b>TRANSPORTE</b></p>	
		 	<p>Nº ONU: 3082</p> <p>Nome apropriado para embarque: SUBSTÂNCIA QUE APRESENTA RISCO PARA O MEIO AMBIENTE, LÍQUIDA, N.E. (contendo bifenilas policloradas)</p> <p>Classe/subclasse de risco: 9</p> <p>Grupo de embalagem: III</p>
<p><b>PERIGO</b></p>			
<p><b>Frases de Perigo</b></p>		<p><b>Frases de Precaução</b></p>	

MANUAL DE GERENCIAMENTO DE BIFENILAS POLICLORADAS (PCB)

<p>H315: Provoca irritação à pele.</p> <p>H320: Provoca irritação ocular.</p> <p>H350: Perigoso para os organismos aquáticos, com efeitos prolongados.</p> <p>H361: Suspeita-se que prejudique a fertilidade ou o feto.</p> <p>H411: Tóxico para os organismos aquáticos, com efeitos prolongados.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. P201 Obtenha instruções específicas antes da utilização.</li> <li>2. P202 Mantenha fora do alcance das crianças.</li> <li>3. P273 Evite a liberação ao meio ambiente.</li> <li>4. P280 Use luvas de proteção, roupa de proteção, proteção ocular, proteção facial.</li> <li>5. P305 + P351 + P338 EM CASO DE CONTATO COM OS OLHOS: Enxágue cuidadosamente com água durante vários minutos. No caso do uso de lentes de contato remova-as se for fácil. Continue enxaguando.</li> <li>6. P308 + P313 Em caso de exposição ou suspeita de exposição: Consulte um médico.</li> </ol>
<p style="text-align: center;">"A Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico pode ser obtida através do telefone de contato:"</p>	

**5.2. ROTULAGEM DE RESÍDUOS CONTENDO PCB**



O detentor de resíduo PCB deve elaborar a Ficha com Dados de Segurança de Resíduos Químicos (FDSR) e o rótulo do resíduo, conforme definições da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), ABNT-NBR 16725:2011, que entrou em vigor em 06/02/2011.

A FDSR e o rótulo são documentos importantes para que o gerador de resíduos químicos disponibilize informações indispensáveis sobre os resíduos gerados, permitindo assim que o receptor tenha a possibilidade de tomar as medidas cabíveis para a disposição adequada, favorecendo a proteção, segurança, saúde e o meio ambiente.

O modelo de rotulagem de resíduo PCB em conformidade com a ABNT-NBR 16725:2011 está apresentado a seguir.

MANUAL DE GERENCIAMENTO DE BIFENILAS POLICLORADAS (PCB)

## RESÍDUO DE BIFENILAS POLICLORADAS

Peso Líquido:		Peso Bruto:	
Data de geração:		Entrada do resíduo na CADRI:	
Processo de geração:			
Composição química: BIFENILAS POLICLORADAS			
TRANSPORTE		Frases de Precaução	
 		<p>ONU: 2315                  Nome apropriado para embarque: RESÍDUO DE SUBSTÂNCIA QUE APRESENTA RISCO PARA O MEIO AMBIENTE, LÍQUIDA, N.E. (bifenilas policloradas)                  Classe/subclasse de risco: 9                  Grupo de embalagem: III</p>	
INFORMAÇÃO DE PERIGO		<p>RESÍDUO PERIGOSO – A legislação ambiental proíbe a destinação inadequada. Caso encontrada avise imediatamente a polícia, a defesa civil ou o órgão estadual de controle ambiental.</p> <p>CUIDADO – Este recipiente contém resíduos perigosos. Manusear com cuidado. Risco de vida.</p> <p>Evite a liberação ao meio ambiente.</p> <p>Recolha o material derramado.</p> <p><b>Em caso de acidente:</b> Utilize névoa de água ou espuma supressora de vapor para reduzir a dispersão do resíduo. Utilize barreiras naturais ou de contenção de derrame. Colete o resíduo derramado e coloque em recipientes apropriados. Adsorva o resíduo remanescente, com areia seca, terra, vermiculite, ou qualquer outro material inerte. Coloque o material adsorvido em recipientes apropriados e remova-os para local seguro.</p> <p><b>Para destinação:</b> O resíduo deve ser disposto em aterro industrial autorizado. Para outros métodos de disposição, devem ser consultadas legislações federais, estaduais e municipais, dentre estas: Resolução CONAMA 005/1993, Lei nº12.305, de 02 de agosto de 2010 (Política Nacional de Resíduos Sólidos).</p>	
RESÍDUOS CLASSE I – PERIGOSO.			

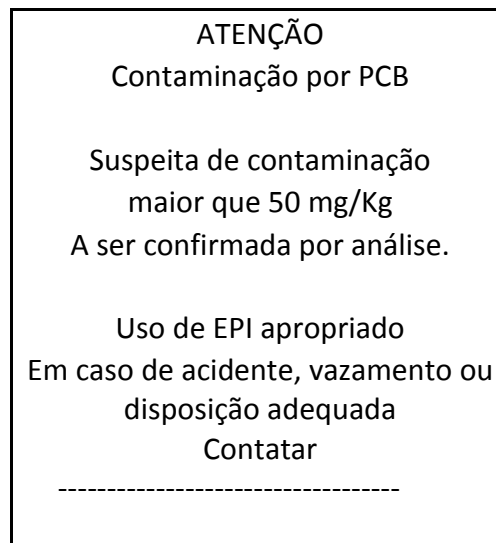
## MANUAL DE GERENCIAMENTO DE BIFENILAS POLICLORADAS (PCB)

<b>Destinatário:</b>	<b>Gerador:</b> <b>Empresa:</b> <b>Endereço:</b> <b>Telefone</b> <b>Telefone de emergência:</b> <b>Responsável Técnico (nome e número do registro):</b>
“A Ficha com dados de segurança do resíduo químico (FDSR) perigoso pode ser obtida por meio de telefone de contato pelo número: xxxx”	

## 5.3. OUTROS MATERIAIS

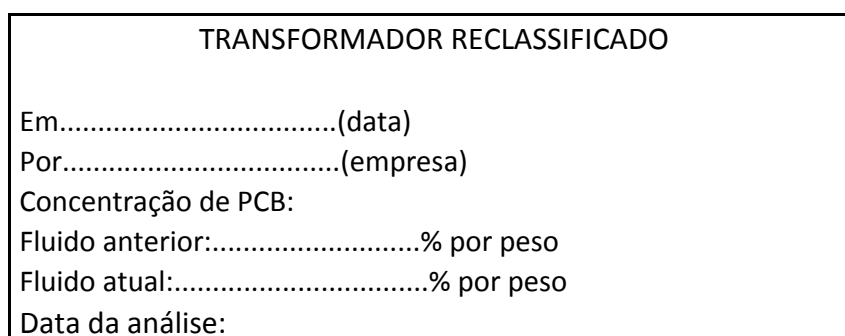
Quando a contaminação por PCB no equipamento ainda não foi confirmada, mas há suspeita de que seja de pelo menos 50 mg/Kg, estes devem ser rotulados como na figura 8.

A critério do órgão ambiental competente poderá exigir medidas similares para equipamentos, produto ou resíduo com contaminação inferior a 50mg/kg que mesmo assim é resíduo perigoso.



**Figura 8: Rótulo para equipamentos em uso com presença suspeita de contaminação por PCB de pelo menos 50 mg/kg.**

Transformadores que tenham sido submetidos a processos de destinação final por reclassificação em operação, deverão portar o rótulo a seguir:



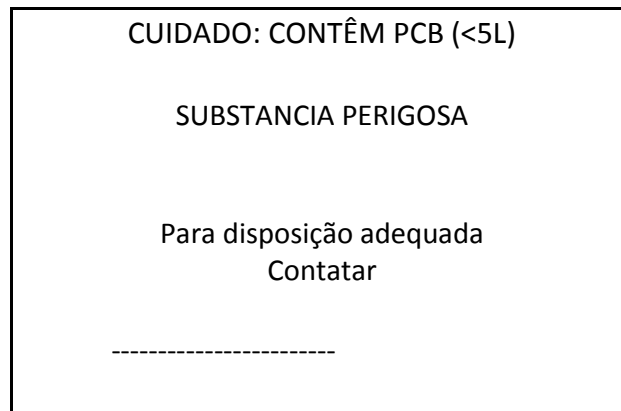
**Figura 9: Rótulo para equipamentos reclassificados.**

Quando os equipamentos forem retirados de operação os rótulos devem ser mantidos.

**MANUAL DE GERENCIAMENTO DE BIFENILAS POLICLORADAS (PCB)**

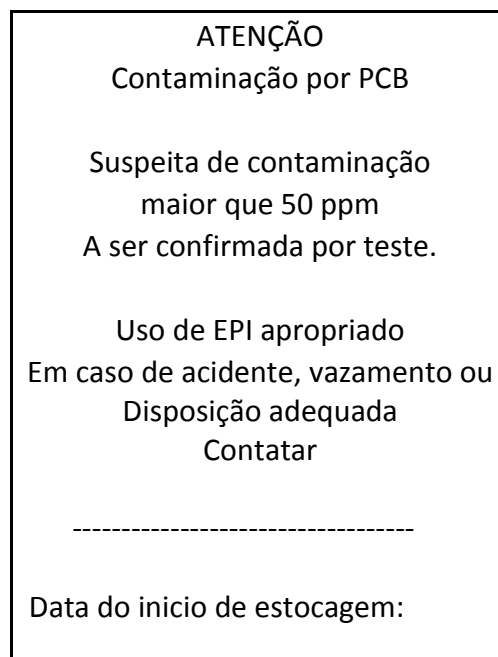
---

O rótulo de advertência é apropriado para equipamentos com baixo conteúdo de PCB, menos que 5 litros (Figura 10).



**Figura 10. Rótulo para equipamentos em uso com menos de 5 L de PCB.**

Quando retirados de operação, os equipamentos PCB ou contaminados por PCB devem acrescentar ao rótulo a seguinte informação (Figura 11): “Data do início da estocagem”.



**Figura 11. Rótulo para equipamentos descomissionado com presença suspeita de contaminação por PCB de pelo menos 50 mg/kg.**



## 6. ARMAZENAGEM

A armazenagem de resíduos e equipamentos PCB deve observar providências que minimizem os riscos de contaminação ambiental não controlada. Assim, devem ser tomadas medidas para prevenir e conter vazamentos e derramamentos, eventos de vandalismo, furtos e roubos. Para tanto, as medidas aqui sugeridas são essenciais. Os armazéns destinados a resíduos PCB são, antes de mais nada, locais de armazenagem de resíduos perigosos e devem obedecer às normas e legislação pertinentes.

### 6.1. CARACTERÍSTICAS DA ÁREA DE ARMAZENAGEM

O local de armazenamento deve obedecer, no mínimo, às exigências abaixo.

- Deve ser distante, no mínimo 20 metros em todas as direções, de depósitos de alimentos, medicamentos, fontes de água potável e qualquer outro produto que possa contaminar.
- Deve ser -distante do trânsito de pessoas e veículos.
- Deve ter características geológicas que dificultem a contaminação do ambiente, principalmente corpos d'água.
- Não deve ser construído ou instalado em locais sujeitos a inundações, desprotegidos contra vendavais ou outros fenômenos naturais que possam causar danos ao armazém ou ao material armazenado.
- Solicitar licenciamento ambiental ao órgão de meio ambiente responsável.

### 6.2. CARACTERÍSTICAS DO ARMAZÉM

#### a) Piso

O piso deve ser impermeabilizado para evitar a contaminação do solo por eventuais vazamentos. Não são recomendados materiais como o concreto ou cimento não revestidos, madeiras e outros materiais porosos. A elevada densidade do PCB facilita sua percolação até as camadas de solo subjacentes.

A impermeabilização poderá ser feita por resina ou tinta base epóxi, que tem se mostrado ser os materiais mais resistentes ao PCB. Outros meios de

---

**MANUAL DE GERENCIAMENTO DE BIFENILAS POLICLORADAS (PCB)**

---

impermeabilização podem ser avaliados e utilizados desde que apresentem resistência compatível do ponto de vista mecânico e químico.

**b) Cobertura:**

É importante que os locais destinados à armazenagem de PCB sejam providos de cobertura contra a chuva. Nenhum resíduo ou equipamento PCB deve ser armazenado em local descoberto. As águas pluviais rapidamente arrastam o PCB para o solo e para os corpos d'água

É também necessário que o local possua paredes laterais para proteger contra as intempéries, tanto quanto para impedir o acesso não controlado e prevenir eventuais colisões de veículos e máquinas.

Recomenda-se que tanto a cobertura quanto as paredes sejam impermeabilizadas para facilitar a futura descontaminação do local, se necessário.

**c) Ventilação**

Para evitar o acúmulo de vapores contendo PCB no local de armazenagem, deve-se prover meios adequados de ventilação. A ventilação natural deve ser preferida por razões de custo e simplicidade, sempre que possível. Isto pode ser facilmente conseguido pela utilização de grelhas ou grades nas paredes laterais ou outros meios de ventilação que sejam capazes de impedir o ingresso de águas pluviais.

**d) Contenção de vazamentos**

Qualquer local de armazenagem de PCB deve ser provido de sistema de contenção de vazamentos capazes de conter pelo menos 110% do volume total de PCB em estado líquido armazenadas. Isto pode ser conseguido através da construção de fechamento da área de armazenagem em todo o seu perímetro por muretas de altura suficiente para fornecer o volume de contenção requerido. É possível também a utilização de outros meios como canaletas e caixas de recolhimento de vazamentos, desde que não se comuniquem com qualquer sistema que leve ao

ambiente externo e permitam o recolhimento de qualquer material eventualmente derramado.

e) Controle de acesso

Os acessos ao armazém devem ser adequados ao acesso de máquinas como empilhadeiras, guas e outros equipamentos eventualmente necessários à remoção do material armazenado.

O acesso de pessoas ao armazém deve ser controlado e limitado às pessoas envolvidas no serviço e controle dos resíduos PCB. Sugere-se fortemente que os detentores de PCB apontem pessoas responsáveis pelo controle de acesso aos armazéns.

f) Sistemas de atendimento a emergências

Os locais de armazenagem de resíduos PCB devem ser providos de meios de atendimento em emergência a derramamentos e vazamentos. Para isso, sugere-se a utilização de meios de fornecimento de energia e iluminação de emergência, meios de comunicação interna com as áreas responsáveis da empresa, e externa com as autoridades ambientais e de defesa civil.

É fundamental a instalação de sistema de prevenção e combate a incêndios que seja compatível com as características do armazém e que não utilize água. O combate ao fogo em locais e materiais que contenham PCB não deve utilizar água, já que isso causaria a dispersão das PCB por toda a região afetada. O sistema de combate a incêndios deve ser baseado em extintores classe B e C conforme norma ABNT NBR 11715.

g) Pequenas quantidades de resíduos

Pequenas quantidades podem ser armazenadas em bacias de contenção de aço ou outro material resistente química e mecanicamente, colocadas em local coberto já existente, que obedeça às restrições descritas acima e com meios para restringir o acesso e isolado do trânsito de pessoas e veículos.

### 6.3. ARRANJO DOS RESÍDUOS NO ARMAZÉM

Os resíduos de PCB armazenados necessitam de inspeção periódica quanto às condições dos materiais, existência de vazamentos etc. Assim sua disposição deve ser tal que permita essa inspeção e também:

- permitir o acesso para a remoção de qualquer dos equipamentos ou objetos armazenados;
- permitir os trabalhos de limpeza e descontaminação, caso necessário; e
- deve-se evitar o armazenamento de resíduos empilhados, apoiados uns contra os outros e sem espaço entre os diversos itens armazenados.

### 6.4. CONDIÇÕES DOS MATERIAIS

Os equipamentos, tambores e outros objetos a serem armazenados devem obedecer aos requisitos a seguir:

- não devem, em hipótese alguma, ser armazenados apresentando vazamentos;
- devem ser armazenados sempre em posição vertical;
- os transformadores e outros equipamentos elétricos, mesmo drenados, contêm pequenas quantidades de líquido em seu interior que irão vazar pelas guarnições ao longo do tempo, já os capacitores, mesmo intactos, irão sofrer vazamentos pelas buchas caso permaneçam na horizontal por longos períodos;
- transformadores que apresentem sinais de corrosão ou danos no tanque, ou ainda sinais de vazamentos de qualquer espécie, devem ser armazenados vazios e seu líquido acondicionado em tambores;
- capacitores apresentando sinais de danos ou vazamentos devem ser armazenados acondicionados em embalagens apropriadas;
- outros resíduos, como líquidos e outros sólidos, devem ser armazenados embalados.
- não se deve utilizar como embalagem para armazenagem tambores corroídos, danificados ou contaminados por outros resíduos, para

---

**MANUAL DE GERENCIAMENTO DE BIFENILAS POLICLORADAS (PCB)**

---

evitar a necessidade de reembalagem quando da realização de remoções, transporte ou envio para destinação final e

- nenhum resíduo PCB, à exceção de equipamentos de grande porte, não deve ser armazenado sem que esteja adequadamente embalado.

#### 6.5. Registros

Deverão ser mantidos registros que possam informar, da melhor maneira possível, as condições de armazenamento dos resíduos. Estes registros deverão incluir, no mínimo:

- todas as movimentações, datas de entrada e saída de todo o material armazenado;
- natureza dos resíduos existentes e quantidade de cada tipo;
- todas as ocorrências observadas, tais como vazamentos, operações de limpeza e reembalagens, e.
- todos os itens armazenados devem estar rotulados, sendo que estes registros deverão compor o inventário de resíduos da empresa conforme previsto em norma específica.

### **7. TRANSPORTE**

O transporte de resíduos PCB requer cuidados específicos e deve ser planejado em detalhes. Para que o risco de acidentes de transporte seja minimizado, sugere-se que seja seguidos procedimentos aqui apresentados. Estas instruções referem-se à movimentação de resíduos PCB por via pública ou privada desde as instalações do detentor até outra instalação sua ou de terceiros, para fins de armazenamento ou destinação final.

#### 7.1. ACONDICIONAMENTO PARA TRANSPORTE

##### 7.1.1. Líquidos Contaminados por PCB

---

**MANUAL DE GERENCIAMENTO DE BIFENILAS POLICLORADAS (PCB)**

---

Os materiais líquidos contaminados por PCB constituem o maior risco de acidentes ambientais durante o transporte. O derramamento de material líquido contendo PCB em cursos d'água ou terrenos próximos às rodovias pode ocasionar graves danos ambientais, que vão desde a perda de terrenos e produtos agrícolas até a interrupção do abastecimento de água aos centros urbanos. Assim, seu acondicionamento para o transporte deve ser feito de forma a minimizar estes riscos.

a) Embalagem:

Os líquidos contaminados por PCB, de uma forma geral, encontram-se contidos nos equipamentos onde operam ou operavam, ou armazenados em recipientes diversos nas áreas de armazenamento dos geradores. Estas embalagens não garantem o transporte seguro do resíduo, estando sujeitas a rupturas por falhas em sua própria estrutura ou acidentes durante o transporte. Assim, todos os resíduos líquidos contendo PCB devem, se necessário, ser reembalados para o transporte nas embalagens já definidas anteriormente. Nenhum resíduo PCB deve ser transportado sem a embalagem adequada e os cuidados recomendados pelos órgãos ambientais e de transportes.

b) Transporte em Caminhões

O transporte de resíduos em estado líquido neste tipo de veículo será realizado em tambores, conforme as especificações já detalhadas. Não será feito o transporte em tambores reutilizados, ou outros recipientes que não estejam conformes com este manual. Estes recipientes só poderão ser utilizados para transporte de PCB, não sendo permitida sua reutilização para transporte de qualquer outro material. Quando sua reutilização não for mais possível, deverão ser destinados como resíduos PCB.

c) Enchimento das Embalagens de Transporte

O carregamento dos tambores com o resíduo deve ser feito conforme os procedimentos de manuseio já descritos, garantindo as seguintes providências:

---

**MANUAL DE GERENCIAMENTO DE BIFENILAS POLICLORADAS (PCB)**

---

- todas as operações de transferência do resíduo líquido de seus continentes originais como; bombeamento, manipulação de bombas e mangueiras, movimentação do pessoal executante, etc, devem ser realizadas dentro de bacia de contenção, capaz de reter no mínimo um volume do líquido a ser transvazado;
- todas as saídas de água pluvial, esgotamento sanitário, ou outras existentes próximo à área de trabalho devem ser vedadas antes do início dos serviços, e
- os tanques de transporte só devem ser carregados até 90% (noventa por cento) de sua capacidade volumétrica nominal.

#### 7.1.2. Sólidos Contaminados por PCB

Os materiais sólidos contaminados por PCB são geralmente constituídos de partes e peças componentes dos equipamentos que continham o resíduo em sua forma líquida. Portanto, deve-se tomar em conta que os materiais sólidos contaminados contêm o resíduo em sua forma líquida e devem ser embalados de forma a impedir sua passagem ao ambiente externo.

##### a) Embalagem:

- todos os resíduos sólidos contendo PCB devem estar embalados conforme já prescrito e, se necessário, ser reembalados para o transporte.
- estes continentes só poderão ser utilizados para transporte de outros resíduos perigosos compatíveis com as PCB, não sendo permitida sua reutilização para transporte de qualquer outro material.

#### 7.1.3. Equipamentos PCB

##### a) Transformadores PCB

Os transformadores PCB somente poderão ser transportados após seu líquido isolante ser inteiramente drenado e embalado adequadamente. Uma vez

---

**MANUAL DE GERENCIAMENTO DE BIFENILAS POLICLORADAS (PCB)**

---

drenados, os transformadores não irão requerer embalagem além da usual para garantir sua integridade mecânica.

b) Capacitores

c) Os capacitores não possuem válvulas para drenagem de seu líquido dielétrico, assim, devem ser embalados para transporte da mesma forma descrita para os transformadores PCB, item “a”.

## 7.2. Empresa Transportadora

As empresas transportadoras devem estar conformes com todas as exigências legais para esta atividade, e possuir registros de manutenção e conservação de seus veículos. Devem apresentar registros e controle de acidentes, com as respectivas ações corretivas devidamente deliberadas em reunião de CIPA.

Deverão estar licenciadas junto aos estados que assim o exijam.

## 7.3. Veículo de transporte <sup>(14)</sup>

Os veículos utilizados para o transporte rodoviário de resíduos de PCB devem atender, pelo menos, às seguintes exigências:

- estar em boas condições de manutenção e conservação;
- ser providos de proteção lateral e meios de cobertura contra chuva;
- ser provido de meios de comunicação 24 horas com a empresa transportadora e o remetente da carga;
- ser provido de meios de controle e registro de velocidade;
- ser provido de escolta ou auxiliares treinados na remediação de acidentes;
- ser provido de materiais e ferramentas para atendimento a emergências (kit de emergência), adequados ao manuseio de PCB;

Deve considerar qualquer determinação dos órgãos de trânsito e dos órgãos de controle ambiental.

## 7.4. Condutor



Os motoristas habilitados para o transporte de resíduos PCB devem satisfazer os seguintes requisitos:

- estejam legalmente habilitados para o tipo de veículo utilizado.
- apresentarem certificado de conclusão de curso de transporte de cargas perigosas (MOP) e
- estejam com roupas adequadas e dispor dos EPIs necessários ao atendimento a emergências com PCB.

#### 7.5. Rotulagem e Sinalização do Veículo:

- Todos os recipientes para transporte de resíduos PCB devem ser rotulados individualmente conforme já prescrito e
- todos os veículos de transporte de resíduos PCB devem ser sinalizados com o “Painel de Segurança” contendo os códigos “90” e “2315”, e o “Rótulo de Risco” para classe “9”, em conformidade com a Resolução ANTT 420/04 relativa a cargas perigosas.

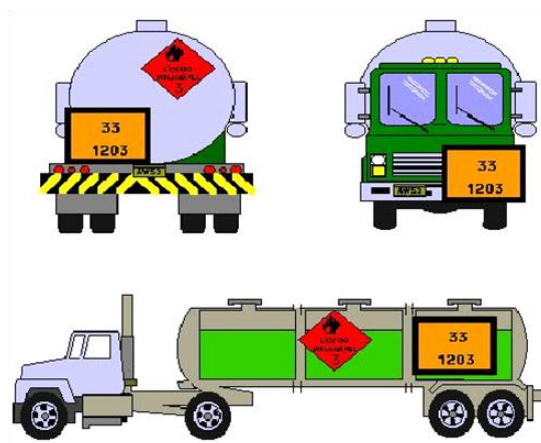


Figura 12: Local da sinalização dos veículos de transporte



Figura 13: Rótulo de risco classe 9

#### 7.6. Documentação

Todos os carregamentos de resíduos de PCB devem estar acompanhados de “Envelope de Emergência”, conforme NBR-7504, contendo obrigatoriamente os seguintes documentos:

- nota fiscal cobrindo a remessa dos resíduos, contendo as anotações legais;
- ficha de emergência, conforme norma ABNT NBR-7503;
- ficha de verificação de conformidade do veículo, conforme abaixo;
- autorizações eventualmente requeridas pelos órgãos ambientais autorizando o transporte e destinação e
- manifesto de transporte de resíduos, quando pertinente.

#### Ficha de Verificação de Conformidade

##### Transporte Rodoviário

#### a) Transportadora:

Nome:

Endereço da Matriz:

Responsável:

Telefone:

#### b) Motorista:

Nome:

Prontuário:

Estado:

Possui Curso de Transporte de Cargas Perigosas?

Conhece a carga que irá transportar?

Recebeu informações da transportadora sobre o roteiro a seguir?

Tem instruções para procedimento em caso de acidente? Quais?

#### c) Veículo:

**MANUAL DE GERENCIAMENTO DE BIFENILAS POLICLORADAS (PCB)**

Documentação do Veículo:		
Estado dos Pneus:		Estepe:
Freios:		Pressão do óleo:
Lanternas e Faróis:		Baterias:
Partida:		Tacógrafo:
Proteção do Diferencial:		
Limpador de Parabrisa:		
Compartimento de Carga:		Cabine:
d) Carregamento:		
Distribuição do peso:		Amarração:
Equipamentos de Emergência para PCB:		
Documentação:		
Cobertura da Carga:		Sinalização do Veículo:
e) Descrição da Carga:		
Ciente:		
Transportadora	Operadora	Gerador

## 8. DESTINAÇÃO FINAL <sup>(15)</sup>

Os resíduos PCB são resíduos sólidos perigosos e, portanto, sua destinação final deve obedecer a toda a legislação pertinente a esta classe de resíduos. Resíduos PCB, conforme definido na regulamentação, são constituídos por qualquer material permeável, ou líquido O lançamento de materiais contendo qualquer concentração de PCB em solo ou corpos d'água somente poderá ser feito após criteriosa avaliação e anuência do órgão de controle ambiental responsável.

É muito importante lembrar que os resíduos contendo concentrações de PCB inferiores a 50mg/Kg ou 100 µg/dm<sup>2</sup> ainda são resíduos perigosos classe I, conforme norma ABNT NBR 10004. Assim, a destinação de qualquer material ou equipamento contendo qualquer concentração de PCB só poderá ser feita após a autorização ambiental competente.

A seguir, as orientações para a destinação adequada dos resíduos PCB.

### 8.1. RESÍDUOS PCB – TIPOS E CARACTERÍSTICAS

Os resíduos de PCB 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 sendo diferenciados conforme o teor de PCB que contêm e a natureza do substrato contaminado. Os resíduos mais comumente encontrados são:

- Resíduos de alta concentração de PCB: aqueles que contem mais do que 10% de PCB em peso. Estes resíduos incluem os “Óleos Ascarel”, líquidos isolantes constituídos por uma mistura de Bifenilas Policloradas (PCB) e Triclorobenzenos (TCB) que pode conter até 60% de PCB em peso, originalmente utilizados como fluidos isolantes para transformadores e capacitores.
- Outros óleos isolantes contaminados por PCB: 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 PCB: nesta categoria iremos encontrar águas superficiais ou subsuperficiais como corpos d’água ou lençóis freáticos atingidos por contaminação ambiental de diversas origens.

#### b) Resíduos em “Estado Sólido”

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

- Os resíduos impermeáveis contaminados com PCB são aqueles que não absorvem o produto e apresentam um teor de mais do que 100 mg/dm<sup>2</sup> 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 contaminados com PCB são constituídos por materiais capazes de absorver o PCB em sua massa e que contenham mais do que 50mg/Kg de PCB, 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.

## 8.2. TÉCNICAS DE DESCONTAMINAÇÃO

Para resíduos compostos por materiais contaminados por PCB, a remoção do PCB e sua separação do substrato é uma forma adequada de destinação final, desde que o PCB removido sofra posterior destinação ou seja tratado no processo. O substrato assim tratado, dependendo de sua natureza, pode ser reutilizado ou ter destinação que lhe seja compatível com a legislação. Assim, o tratamento de destinação para vários resíduos contaminados por PCB, pode ser a sua descontaminação por meio de processo que, comprovadamente, remova o PCB resultando em material livre de contaminação.

#### 8.2.1. Resíduos em Estado Líquido:

##### a) Óleos minerais isolantes contendo PCB

Óleos isolantes contaminados com PCB, podem ser tratados através da reação com o sódio (já mencionada), que resulta em Cloreto de sódio (NaCl) e Bifenila. Esta destinação requer equipamentos específicos que permitam rendimento e eficiência compatíveis com as exigências legais.

##### 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 poderão ser utilizadas outras alternativas como o bio-tratamento por cepas de bactérias capazes de degradar biologicamente as moléculas de PCB. Para estes casos, devem ser feitas avaliações caso a caso para estimar a eficiência do processo. Deve-se lembrar que a utilização de micro-organismos para bio-tratamento de materiais ou substratos contaminados requer autorização do órgão ambiental competente.

#### 8.2.2. Resíduos em Estado Sólido

##### a) Sólidos Impermeáveis

Os resíduos compostos por sólidos impermeáveis contaminados podem ser tratados por processo de lavagem com solvente adequado ou detergente, seguido de análise da superfície para comprovação da descontaminação.

No caso da lavagem por solvente, este poderá ser destilado para remoção do PCB e posterior reutilização no processo. O resíduo da destilação, deverá ser tratado posteriormente como PCB e sofrer destinação final adequada. Na lavagem por detergentes, as águas de lavagem deverão ser recolhidas e tratadas com PCB.

---

**MANUAL DE GERENCIAMENTO DE BIFENILAS POLICLORADAS (PCB)**

---

Este processo é de utilidade no tratamento de resíduos metálicos contaminados, já que permite a reciclagem dos metais, enquanto que o tratamento térmico gera resíduos que irão exigir tratamento adicional.

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

b) Transformadores da categoria PCB ou contaminado por PCB

Neste caso estão os transformadores com óleo isolante contendo PCB provenientes de contaminação acidental ou de tentativas de descontaminação por substituição do líquido.

Para este tipo de contaminação, é possível aplicar os processos de "reclassificação" entre os quais, o mais utilizado consiste em remover o fluido contaminado, e em seguida proceder à limpeza interna da unidade por líquido que apresente boa capacidade de dissolver o PCB. Em seguida o equipamento deve ser completado com líquido isolante isento de PCB, ligado e deixado em operação por um período suficiente para o equilíbrio do PCB no sistema, de pelo menos 30 dias. Deve-se então determinar o teor de PCB remanescente no novo fluido isolante e, caso esteja inferior a 50mg/Kg, considera-se o equipamento como contendo traços de PCB.

***É importante observar que este processo é um processo de "destinação final de resíduos" e, portanto, deve ser previamente autorizado pelo órgão de meio ambiente responsável.***

### 8.3. TECNOLOGIAS DE DESTINAÇÃO FINAL

Neste capítulo, são apresentadas algumas das principais tecnologias de destinação final de PCB atualmente disponíveis. Estas tecnologias são aplicadas para resíduos, em estado sólido ou líquido, para os quais os tratamentos já apresentados, neste manual, venham a ser ineficazes.

#### 8.3.1. Tratamento térmico por incineração:

Baseia-se na reação de oxidação e pode ser utilizada para todos os tipos de resíduos PCB. 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, necessariamente licenciadas pelos órgãos ambientais competentes e compostas no mínimo pelas seguintes unidades:

a) Unidade de recepção

---

**MANUAL DE GERENCIAMENTO DE BIFENILAS POLICLORADAS (PCB)**

---

- 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.

b) 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 queima. É também área potencialmente contaminada e isolada do meio ambiente externo.

c) Unidade de Alimentação

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

d) Forno de Incineração

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

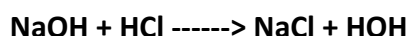
e) Unidade de Pós Queima

- Os produtos de combustão formados na unidade de incineração são arrastados para a unidade de pós queima, onde são aquecidos até 1200 +/- 100°C formando então os produtos de oxidação total do material, que no caso do PCB são Cloreto de Hidrogênio (HCl), Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) e água.

f) Unidade de Resfriamento e Tratamento dos Gases

- Nesta unidade os produtos gasosos da oxidação são tratados com solução aquosa alcalina fria. O rápido resfriamento de 1200 para cerca de 80 a 90° C é necessário para reduzir a probabilidade de ocorrência de reações inversas que poderiam gerar compostos indesejáveis, como dioxinas e furanos.

- O tratamento com solução alcalina destina-se a remover o HCl formado pela combustão resultando em mistura de Clorêto de Sódio e água:

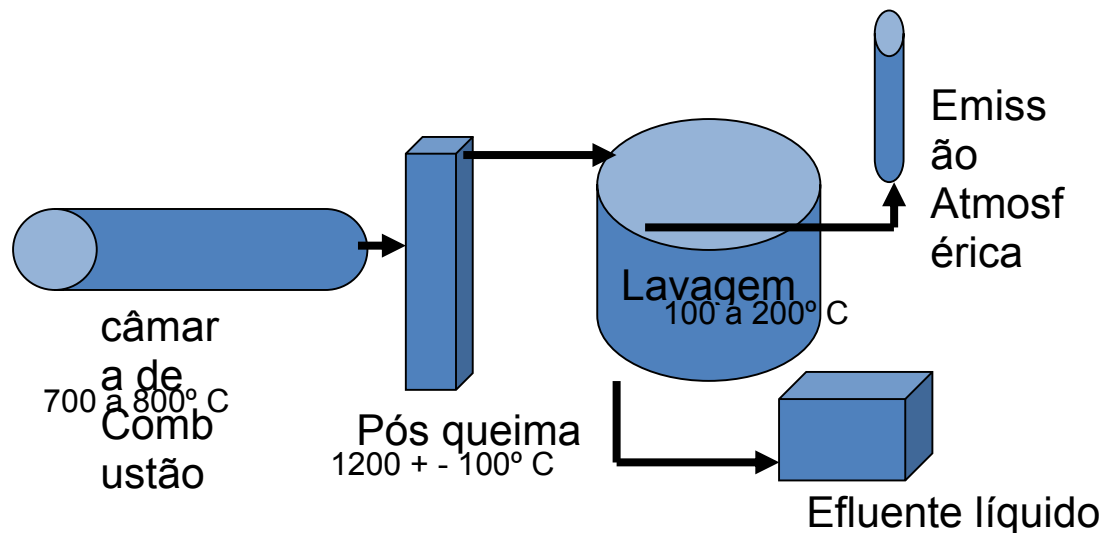


g) Unidade de Tratamento de Água

- A solução resultante do tratamento alcalino deve ser, então tratada para posterior lançamento. O processo irá variar para cada projeto.

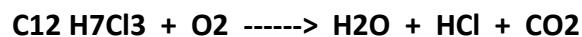
Para que um incinerador obtenha licenciamento ambiental para o tratamento de PCB, é necessário que apresente “Eficiência de Destruição e Remoção (EDR)” de no mínimo 99,9999%, funcione a temperaturas de 1200 +/- 100° C na câmara de pós queima, utilize excesso de oxigênio de pelo menos 0,5% e apresente tempo de residência de 2 segundos, garantindo desta forma, que não serão emitidos para a atmosfera poluentes, tais como dioxinas e furanos.

A seguir o esquema básico das plantas convencionais para incineração de resíduos.



**Figura 14: Esquema básico da incineração**

#### **Reação de Oxidação Completa (Incineração)**

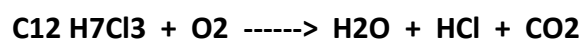


#### 8.3.2. Destruição térmica em fornos a plasma:

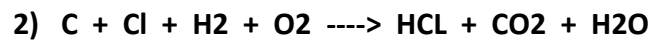
Esta tecnologia difere da incineração apenas no que diz respeito ao processo químico de queima do PCB. Enquanto na incineração o PCB é levado a reagir diretamente com o oxigênio a altas temperaturas, tratamento a plasma a reação se dá em 2 etapas. Na primeira, as moléculas de PCB são decompostas pela 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)**

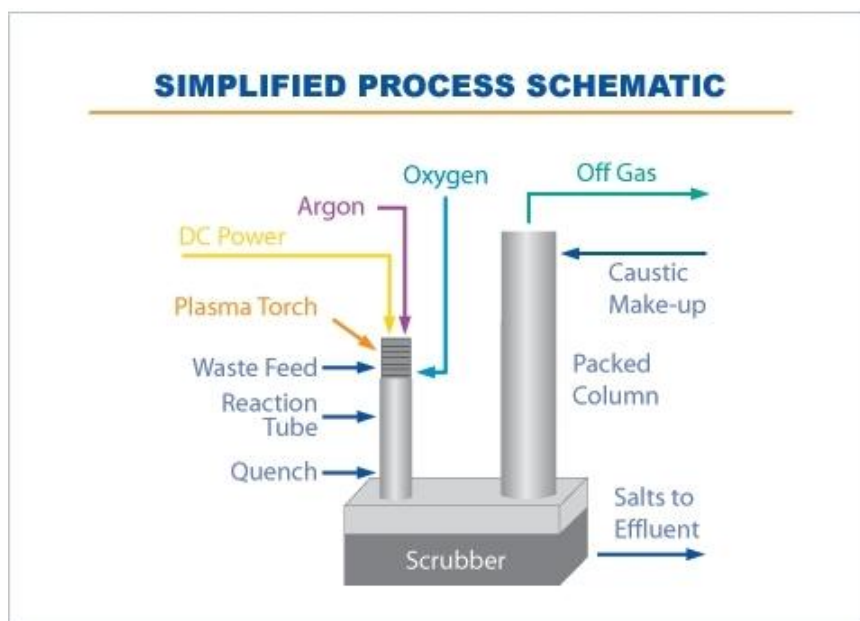




**Reações de tratamento por a plasma:**

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



**Figura 15: Esquema simplificado do processo (SRL Plascon)**

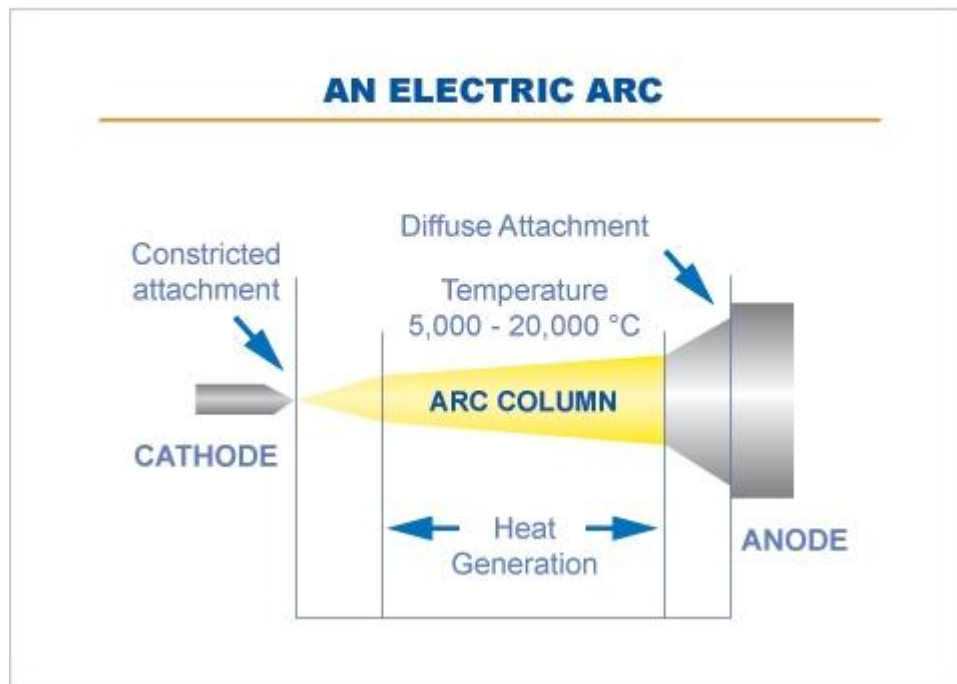


Figura 16: O processo de geração de plasma (SRL Plascon)



Figura 17: Tocha de plasma de uso industrial (Eurotorch)

### 8.3.3. 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 puro. 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 a 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 PCB.

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.

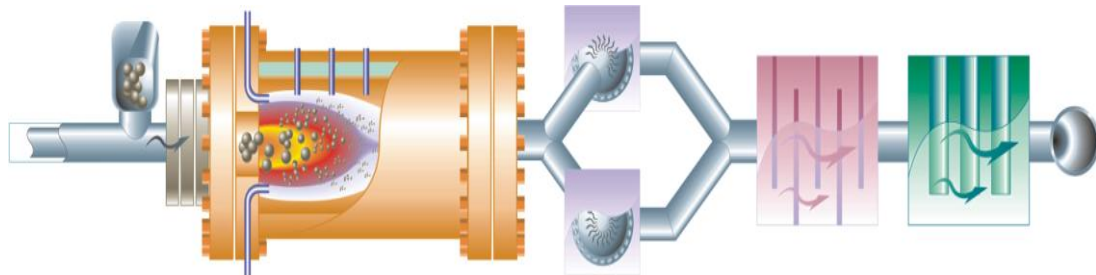
Os gases continuam transitando através de um sistema de tratamento onde:

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

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

3° - uma camada de carvão ativo adsorve os restos de metais voláteis (por exemplo, mercúrio), e hidrocarbonetos que a corrente de gases possa conter.

4° - 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.



câmara de reação    expansores    tratamento de gases

Figura 18: Esquema simplificado do sistema de oxidação à pressão

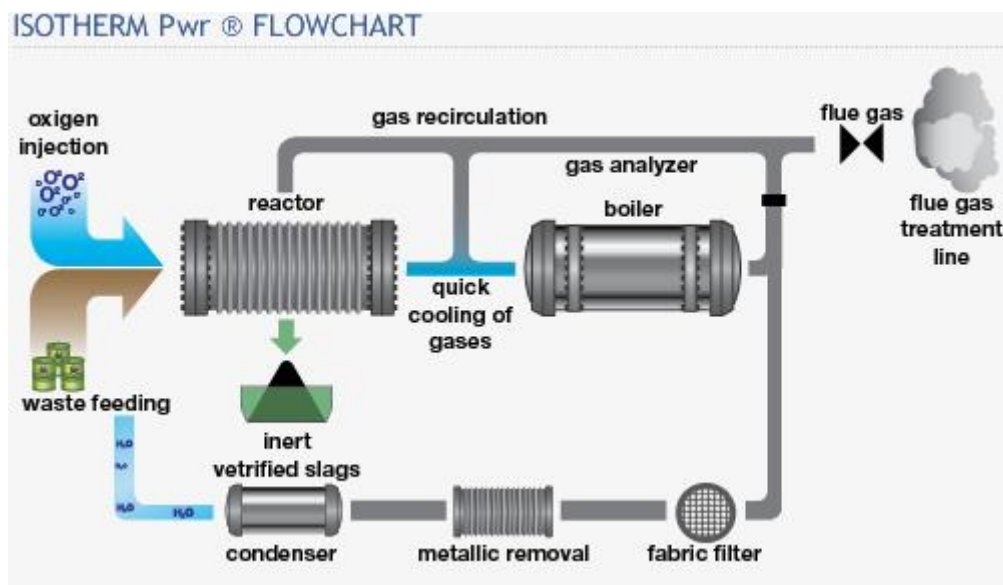


Figura 19: Fluxograma de processo ISOTHERM (ITEA/Sofinter)

#### 8.3.4. Hidrogenação catalítica

Este processo consiste na reação do PCB 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.



**Figura 20: Reator de Hidrogenação Catalítica (Foster Wheeler)**

#### 8.3.5. Desalogenação por sódio

Os sistemas que utilizam a reação com sódio para tratamento do PCB 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 PCB em qualquer concentração, dependendo do projeto de cada sistema específico. Estes sistemas não são capazes de tratar óleos isolantes à base silicone em razão da alta reatividade dos poli-dimetil-siloxanos com o sódio. A eficiência destes sistemas para óleos isolantes de base vegetal, ainda deve ser determinada. A seguir as etapas básicas dos sistemas utilizados para o tratamento de resíduos oleosos contendo até 5.000mg/Kg de PCB:

- 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 inferior a 100 mg/Kg.
- Bombeamento do óleo desidratado para o tanque reator.
- Adição da quantidade estequiométrica de “reagente de sódio” mais excesso.
- Aquecimento da mistura e agitação.
- Drenagem da fração oleosa e armazenagem no tanque de “óleo tratado”.
- Coleta de amostra de óleo tratado para determinação do teor de PCB.

## MANUAL DE GERENCIAMENTO DE BIFENILAS POLICLORADAS (PCB)

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

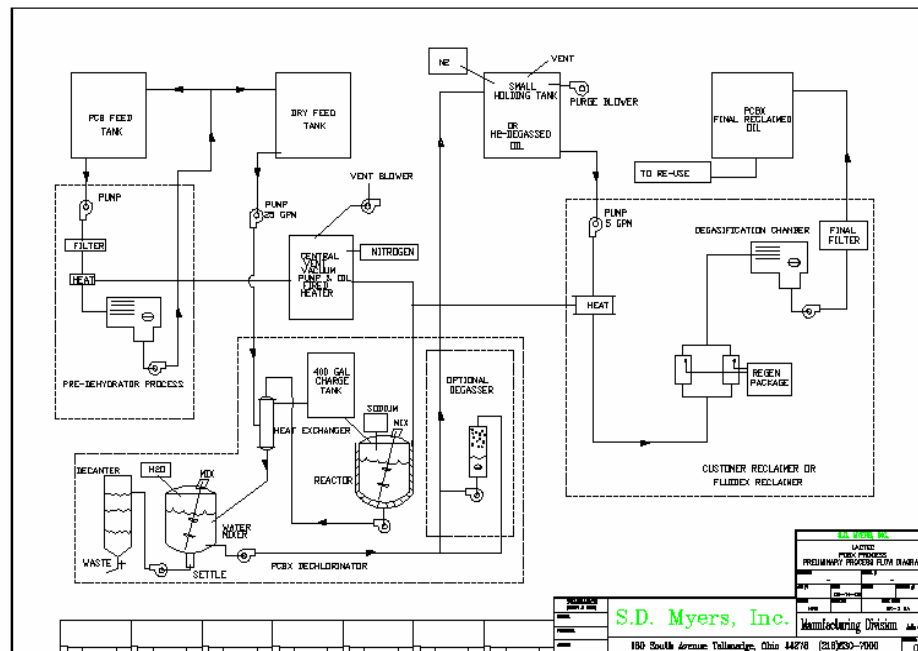


Figura 21: Fluxograma simplificado de processo (SDMyers Inc)

### 8.3.6. Desalogenação por PEG/PPG

Este processo é similar ao descrito anteriormente 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 do PCB gerando o cloreto alcalino correspondente e a bifenila. É um processo patenteado e, portanto, utilizado por apenas uma empresa.



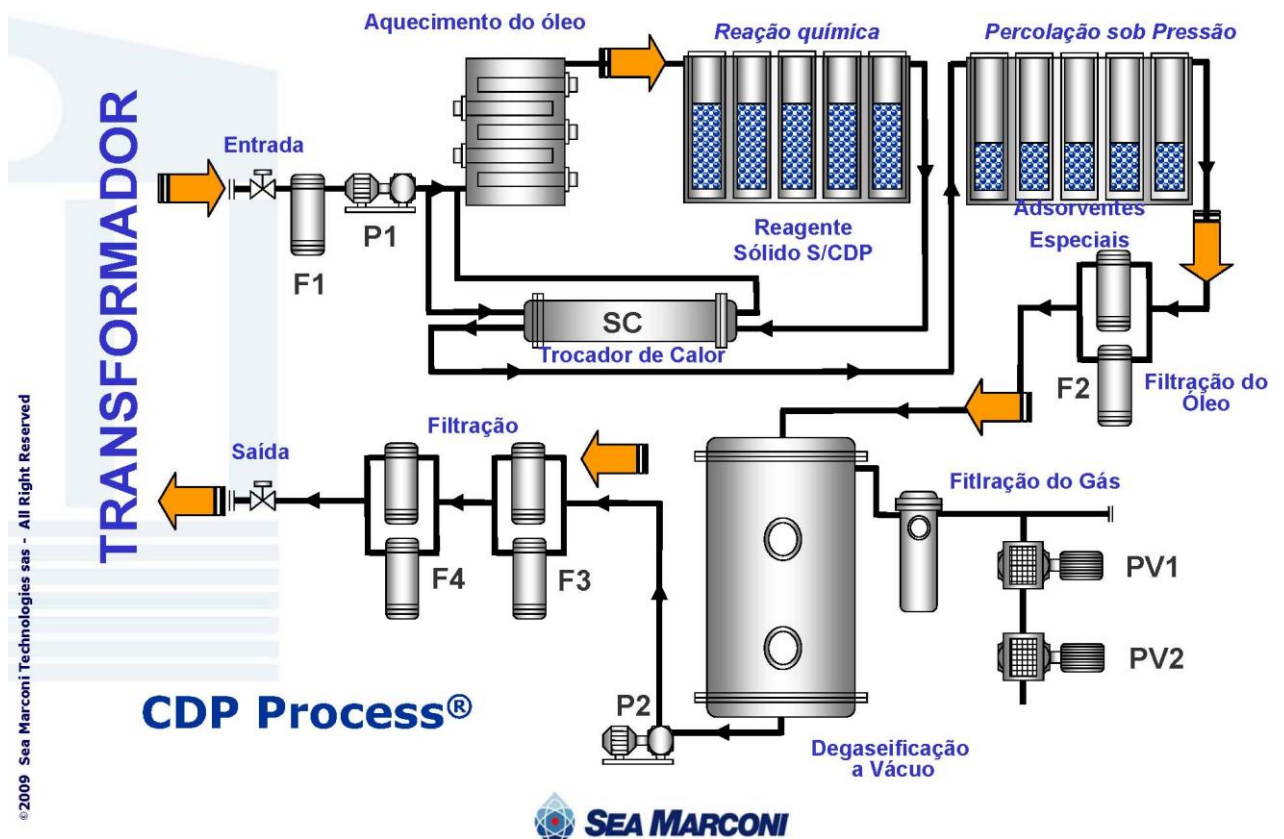


Figura 22: Fluxograma simplificado de processo (SEA Marconi)

### 8.3.7. Reciclagem de materiais impermeáveis

Os sistemas que realizam a reciclagem de materiais impermeáveis contaminados por PCB utilizam um solvente apropriado para remover o PCB existente na superfície, resultando em material livre de PCB para reciclagem. Em 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 mg/dm<sup>2</sup> (cem microgramas de PCB por decímetro quadrado) e permite que o material em tais condições seja reutilizado sem restrições. Por outro lado, nos países europeus, e na Convenção de Estocolmo a contaminação final máxima do material tratado deve ser de 50mg/Kg (50 miligramas de PCB 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 PCB irão alterar as características de lançamento de dioxinas e furanos das siderúrgicas e fundições.

---

**MANUAL DE GERENCIAMENTO DE BIFENILAS POLICLORADAS (PCB)**


---

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 50mg/Kg 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:

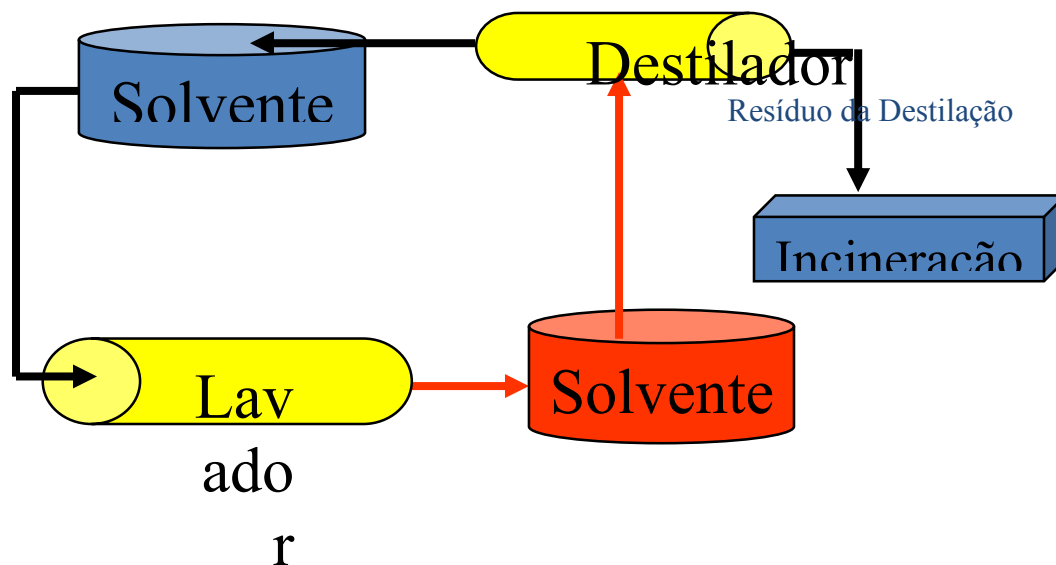
Peso da chapa típica: 360g/dm<sup>2</sup>

Quantidade de PCB por dm<sup>2</sup> com 50 mg/Kg: 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 PCB liberada pelo critério europeu (50 mg/Kg): 25.920.000 microgramas ou 25,92 gramas.

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



**Figura 23: Fluxograma simplificado do processo (SDMyers)**

## 9. BIBLIOGRAFIA:

1. Fernandes, P.O.; Bifenilas Policloradas, Revista FUNDACENTRO, vol.15, nr.178, outubro de 1984
2. Nagayama, j; Nagayama, M; Lida, T; Hirakawa, H; Matsueda, T; Ohki, M and Tsuji, H; Comparison between "Yusho" patients and healthy Japanese in



contamination level of dioxins and related chemicals and frequency of sister chromatid exchanges, Chemosphere, 2001 May-Jun;43(4-7):931-6 (disponível em <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11372886>)

3. Daysuke, O; Takesumi, Y; Satoshi, K and Masutaka, F; Mortality After Exposure to Polychlorinated Biphenyls and Polychlorinated Dibenzofurans: A 40-Year Follow-up Study of Yusho Patients, American Journal of Epidemiology; Volume 169, issue 1, pp 86-95. (disponível em: <http://aje.oxfordjournals.org/content/169/1/86.long>)
4. Eckardt C. Beck, The love canal tragedy, EPA journal, January 1979 (disponível em: <http://www.epa.gov/history/topics/lovecanal/01.html>)
5. Federal Register, Environmental Protection Agency, CFR-40, Part 761, July, 1, 1990.
6. American Conference of Governmental Industrial Hygienists – TLVs, Threshold Limiting Values and Biological Exposure Indicator for 1985-86 – Cincinnati, ACGIH, 1985: 5,6,13.
7. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento, Global Environment Facility, República Federativa do Brasil; Projeto BRA/08/G32, Intertox – Guia para o inventário nacional de bifenilas policloradas (PCB) em equipamentos elétricos
8. Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants (POPs), Text and amendments (disponível em <http://chm.pops.int/Convention/ConventionText/tabid/2232/Default.aspx>)
9. Projeto BRA/08/G32, Fixel, T, V, A; GT 01, Produtos 2 e 3, Relatório Final.
10. Federal Register, Environmental Protection Agency, CFR-40, Part 761, July, 1, 1990
11. Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT NBR 8840 – Diretrizes para amostragem de líquidos isolantes.
12. Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT NBR 13882 – Líquidos isolantes elétricos - Determinação do teor de bifenilas policloradas (PCB).
13. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento, Global Environment Facility, República Federativa do Brasil; Projeto BRA/08/G32, Intertox – Guia para o inventário nacional de bifenilas policloradas (PCB) em equipamentos elétricos
14. Agencia Nacional de Transportes Terrestres, Resolução 420/04: Regulamento do transporte terrestre de produtos perigosos (disponível em: [http://www.antt.gov.br/index.php/content/view/full/1420/Resolucao\\_420.html](http://www.antt.gov.br/index.php/content/view/full/1420/Resolucao_420.html))
15. 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.

## GOLSSÁRIO

**Bifenilas policloradas (PCB):** hidrocarbonetos clorados que consistem em dois anéis de benzeno unidos por uma ligação simples entre dois átomos de carbono, podendo apresentar diversas substituições com até 10 átomos de cloro

**Capacitores PCB:** todos os grandes capacitores fabricados ou importados até 1985 e/ou cujo líquido isolante contenha concentração de PCB > 500 mg/kg e todos os pequenos capacitores fabricados ou importados até 1990.

**Derramamentos acidentais de PCB:** qualquer derramamento de PCB decorrente de ação ou omissão, dolosa ou culposa, que gere a potencialidade de riscos e/ou danos ao meio ambiente e à saúde humana.

**Detentor de PCB:** pessoa jurídica, de direito público ou privado, que no desempenho das atividades listadas no Anexo I, utilize ou tenha posse ou guarda de equipamentos, materiais, fluidos ou resíduos classificados conforme disposto na Resolução CONAMA.

**Equipamentos elétricos selados:** são equipamentos que não apresentam dispositivos específicos para a compensação de nível, drenagem ou substituição do fluido isolante

**Equipamentos contaminados por PCB:** transformadores, capacitores, reatores e outros equipamentos elétricos e industriais que possuam no seu fluido concentração de PCB maior que 500 mg/kg)

**Gerenciamento de resíduos de PCB:** conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos, nos termos como previsto na legislação.

**Grandes capacitores:** aqueles que contêm mais do que 1,0 kg de líquido isolante.

**Material contaminado por PCB:** materiais permeáveis com concentração de PCB maior que 50 mg/kg e materiais impermeáveis com concentração superficial de PCB maior que 100 µg/dm<sup>2</sup>)

**Óleos isolantes com traços de PCB:** transformadores, capacitores e outros equipamentos elétricos cujo líquido isolante contenha concentração de PCB inferiores ao limite de quantificação do método de ensaio, quando analisados segundo os critérios de norma específica.

**Outros equipamentos PCB:** equipamentos de tratamento de óleo usado em equipamentos PCB.

**Pequenos capacitores:** aqueles que contêm, no máximo, 1,0 kg de líquido isolante.

**Poluentes Orgânicos Persistentes – POP:** aqueles que atendem aos critérios de classificação do Anexo D da Convenção de Estocolmo, incluídos os critérios sobre persistência, bioacumulação, potencial para transporte ambiental de longo alcance e efeitos adversos.

**Produtos, materiais ou equipamentos potencialmente poluidores:** todos aqueles inseridos no Cadastro Técnico Federal de Atividades Potencialmente Poluidoras ou Utilizadoras de Recursos Ambientais, para registro obrigatório de pessoas físicas ou jurídicas que se dedicam a atividades potencialmente poluidoras e/ou à extração, produção, transporte e comercialização de produtos potencialmente perigosos ao meio ambiente, assim como de produtos e subprodutos da fauna e flora

**Resíduos de PCB:** equipamentos, materiais, fluidos contaminados e fluidos PCB que não atendam as condições de reuso e descontaminação estabelecidas na Resolução CONAMA.

**Resíduos inertes:** são quaisquer resíduos que, quando amostrados de forma representativa e submetidos a contato estático ou dinâmico com água destilada ou deionizada à temperatura ambiente, conforme teste de solubilização, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, conforme norma específica, excetuando-se os padrões de aspecto, cor, turbidez e sabor.

**Resíduos perigosos - classe I:** Pela lei 12305/10 resíduos perigosos: aqueles que, em razão de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade, carcinogenicidade, teratogenicidade e mutagenicidade, apresentam significativo risco à saúde pública ou à qualidade ambiental, de acordo com lei, regulamento ou norma técnica; ainda de acordo com a Convenção de Basileia são aqueles resíduos que se enquadrem em qualquer categoria contida nos Anexos 1-A a 1-C, da Convenção da Basileia ou em norma específica, a menos que não possuam quaisquer das características descritas no Anexo 2, bem como aqueles que, embora não

listados nos anexos citados, apresentem quaisquer das características descritas no Anexo 2.

**Transformadores, reatores, transformadores de instrumento, transformadores de corrente e tensão:** aqueles cuja classificação será feita através da concentração de PCB em seu fluido isolante, a saber:

.1) Concentração de PCB < 50 mg/kg: equipamento com traços de PCB

s.2) Concentração de PCB  $\geq$  50 mg/kg e < 500 mg/kg: Contaminado por PCB

s.3) Concentração de PCB > 500 mg/kg: Contendo PCB

**Unidades de destinação final:** instalações devidamente licenciadas pelos órgãos competentes para processar os resíduos de PCB até os limites prescritos na legislação.

**V -Fluidos contaminados por PCB:** fluidos isolantes dielétricos com concentração de PCB maior que 50 mg/kg até 500 mg/kg;

**VI- Fluidos PCB:** fluidos isolantes dielétricos com concentração de PCB maior que 500 mg/kg

**XI - Reúso de fluido isolante:** conjunto de procedimentos para restabelecimento das propriedades dielétricas e físico-químicas de fluidos isolantes, a partir de processos de condicionamento e regeneração, sem a finalidade de reduzir a concentração de PCB;

**XII – Tratamento:** conjunto de procedimentos com a finalidade de reduzir a concentração de PCB a partir de processos de descontaminação de equipamentos, materiais e fluidos, possibilitando a reclassificação ou a destinação final ambientalmente adequada.

**XIII – Prestador de serviço no gerenciamento de PCB:** Pessoa Jurídica, de Direito Público ou Privado, que preste serviços de: análise laboratorial, manutenção, tratamento, descontaminação, armazenamento, transporte e destinação final de equipamentos e fluidos PCB e contaminados PCB, materiais contaminados PCB e resíduos PCB

#### LISTA DE ABREVIATURAS, SÍMBOLOS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANP	Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
ATSDR	Agência para o Registro de Substâncias Tóxicas e Doenças dos Estados

**MANUAL DE GERENCIAMENTO DE BIFENILAS POLICLORADAS (PCB)**

---

	Unidos
CNAE	Classificação Nacional de Atividades Econômicas
CNORP	Cadastro Nacional de Operadores de Resíduos Perigosos
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
EPI	Equipamento de Proteção Individual
FDSR	Ficha com Dados de Segurança de Resíduos Químicos
GHS	Sistema Globalmente Harmonizado de Classificação e Rotulagem de Produtos Químicos
IARC	<i>International Agency for Research on Cancer</i> , em português Agência Internacional de Pesquisa do Câncer
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBP	Instituto Brasileiro de Petróleo, Gás e Biocombustíveis
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MME	Ministério de Minas e Energia
MI	Ministério da Integração Nacional
MIC	Ministério da Indústria e do Comércio
MINTER	Ministério do Interior
MVA <sub>r</sub>	Megavolt Ampère reativo
NIP	Plano Nacional de Implementação da Convenção de Estocolmo
OECD	<i>Organization for Economic Cooperation and Development</i> , em português, Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
PCB	Bifenilas Policloradas
PFC	Unidades de Correção de Fator de Potência
PNCRB	Plano Nacional de Controle de Resíduos Biológicos em Produtos de Origem Animal
PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (do inglês UNEP)
POP	Poluentes Orgânicos Persistentes
RETP	Registro de Emissão e Transferência de Poluentes
SDA	Secretaria de Defesa Agropecuária
UNEP	vide PNUMA

**MANUAL DE GERENCIAMENTO DE BIFENILAS POLICLORADAS (PCB)**

---

kg	Quilograma
kVA	Quilovolt Ampère
kVAr	Quilovolt Ampère reativo
L	litro
mg/kg	miligrama por quilo, equivalente a ppm, partes por milhão

**COORDENADOR TÉCNICO**

**PAULO DE OLIVEIRA FERNANDES** - *Engenheiro Químico* pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro; *Mestre em Ciência e Tecnologia de Polímeros* pela Universidade Federal do Rio de Janeiro; Especialista em *Gerenciamento de Resíduos Industriais Perigosos* formado pela Westinghouse Environmental Systems and Services, Pittsburgh, USA, e em *Incineração de Resíduos Tóxicos Industriais* pela Westinghouse Environmental Systems and Services, APTUS Division, Coffeyville, USA e em *Gerenciamento de Emissões Atmosféricas*, também pela Westinghouse Environmental Systems and Services, Pittsburgh, USA; Auditor Ambiental formado pela JPD Training Limited de Cheshire, Reino Unido, consultor da ONU/PNUD para a elaboração do “Projeto para Estabelecimento de Sistema de Gerenciamento de PCB” em atendimento à Convenção de Estocolmo – 2007/2011; *Gerente Operacional* do DIAGNO.

**COLABORADOR**

**HELENA MARIA WILHELM:** Química, formada pela Universidade do Federal do Paraná; Mestre em Química pela Universidade Federal de Santa Catarina; Doutora em Química pela Universidade Estadual de Campinas; Pesquisadora do Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento - LACTEC e do CNPq; Professora colaboradora do Programa em Engenharia de Materiais da Universidade do Federal do Paraná e do Programa em Desenvolvimento de Tecnologia do LACTEC; Consultora do LACTEC, da Mineraltec e da MGM; Pesquisadora do DIAGNO.