

Esboço para documento de orientação sobre melhores técnicas disponíveis e melhores práticas ambientais para a produção e utilização de hexabromociclododecano listado com isenções específicas sob a Convenção de Estocolmo

Esboço

Janeiro 2017

Conteúdo

1.	Introdução.....	4
1.1.	Propósito.....	4
1.2.	Estrutura e utilização deste documento	4
2.	Informações gerais sobre HBCD	4
2.1.	Produção de HBCD	4
2.1.1.	Volumes de produção	4
2.1.2.	Métodos de produção	Erro! Indicador não definido.
2.1.3.	Micronização (trituração em partículas menores) ..	5
2.2.	Utilizações do HBCD.....	5
2.2.1.	Poliestireno Expandido (EPS)	6
2.2.2.	Poliestireno Extrudado (XPS).....	7
2.2.3.	Poliestireno de Alto Impacto (HIPS)	8
2.2.4.	Revestimentos Têxteis.....	9
3.	Fontes emissoras	10
3.1.	Locais de produção.....	10
3.2.	Acumulação de HBCD - armazenagem.....	10
3.3.	Importação e exportação de artigos contendo HBCD	11
3.4.	Perdas de HBCD em produtos finais	11
3.5.	Descarte e recuperação de material.....	12
4.	Alternativas ao uso de HBCD para as isenções específicas sob a Convenção de Estocolmo	13
4.1.	Substituição retardadora de chamas	13
4.1.1.	Alternativas ao EPS e XPS.....	13
4.1.2.	Alternativas ao HIPS.....	14
4.1.3.	Alternativas para revestimentos têxteis.....	Erro! Indicador não definido.
4.2.	Substituição de resina/material.....	Erro! Indicador não definido.
4.2.1.	Lã de rocha.....	Erro! Indicador não definido.
4.2.2.	Lã de vidro (isolamento com fibra de vidro).....	15
4.2.3.	Espumas fenólicas.....	Erro! Indicador não definido.
4.2.4.	Materiais naturais de isolamento à base de fibras	16
4.2.5.	Outros materiais naturais de isolamento à base de fibras.....	16
4.3.	Materiais específicos e materias alternativos emergentes....	16
5.	Técnicas a serem consideradas na determinação de BAT para a produção e utilização de HBCD.....	17
5.1.	Técnicas genéricas.....	Erro! Indicador não definido.
5.1.1.	Ferramentas de gerenciamento ambiental.....	Erro! Indicador não definido.
5.1.2.	Design de equipamentos	Erro! Indicador não definido.
5.1.3.	Análise e medição de emissões fugitivas	Erro! Indicador não definido.

5.1.4.	Monitoramento e manutenção de equipamento	
	Erro! Indicador não definido.	
5.1.5.	Redução de emissão de poeira	19
5.1.6.	Minimização de paradas e reinicializações das instalações	19
5.1.7.	Sistemas de contenção	Erro! Indicador não definido.
5.1.8.	Prevenção de poluição de água	20
5.1.9.	Tratamento de águas residuais	20
5.2.	Técnicas específicas	21
5.2.1.	Minimização e controle de emissões de armazenamento	Erro! Indicador não definido.
5.2.2.	Recuperação de todas as correntes de purga e reatores de ventilação	Erro! Indicador não definido.
5.2.3.	Coleta e tratamento de ar evacuado de pelotização	21
5.2.4.	Redução de emissões do sistema dissolvente em processos de HIPS.....	21
5.2.5.	Redução de emissões de técnicas específicas ao processo EPS.....	21
5.3.	Medidas voluntárias da Indústria	Erro! Indicador não definido.
6.	Considerações para identificação.....	22
7.	Considerações para o gerenciamento ambientalmente seguro de resíduos contendo HBCD	22
8.	Locais contaminados	Erro! Indicador não definido.
9.	Referências	25

1. Introdução

Em sua sexta reunião que aconteceu do dia 28 de abril ao dia 10 de maio de 2013, a Conferência das Partes da Convenção de Estocolmo adotou uma emenda ao Anexo A à Convenção listando o hexabromociclododecano (HBCD) com isenções específicas para produção permitidas para as Partes listadas no Registro de Isenções Específicas e para o uso em poliestireno (EPS) e poliestireno extrudado (XPS) em construções (decisão SC-6/13). A lista inclui o hexabromociclododecano (CAS No: 25637-99-4), 1, 2, 5, 6, 9, 10-hexabromociclododecano (CAS No: 3194-55-6) e seus principais diastereoisômeros: alfa-hexabromociclododecano (CAS No: 134237-50-6); beta-hexabromociclododecano (CAS No: 134237-51-7); e gama-hexabromociclododecano (CAS No: 134237-52-8). Uma descrição mais detalhada das características do HBCD pode ser encontrada em UNEP (2015a).

De acordo com a Parte VII do Anexo A à Convenção, cada Parte que se registrou para a isenção pertinente ao Artigo 4 deve tomar as medidas necessárias para garantir que os EPS e XPS contendo HBCD possam ser facilmente identificados por rótulos ou outros meios ao longo do seu ciclo de vida.

1.1. Propósito

Esse documento foi desenvolvido com o objetivo de fornecer orientações às Partes com relação a suas ações para prevenir e/ou reduzir emissões de HBCD resultantes da produção e utilização de isenções específicas sob a Convenção de Estocolmo. Ele compila as informações disponíveis relevantes para Melhores Técnicas Disponíveis (MTD) e Melhores Práticas Ambientais (MPA) para HBCD dentro do escopo da Convenção. Maiores orientações relevantes foram elaboradas anteriormente e estão disponíveis sob as Convenções da Basileia e de Estocolmo para abordar certos aspectos do gerenciamento ambientalmente seguro de substâncias químicas aplicáveis ao HBCD; esses documentos de orientação são referenciados nas seções/capítulos pertinentes do presente documento. O documento aqui elaborado deve, portanto, ser considerado em conjunto com outros materiais de orientação relevantes, conforme indicado nas seções/capítulos específicos.

1.2. Estrutura e utilização deste documento

O Capítulo 1 fornece informações gerais sobre HBCD e delinea o propósito e estrutura do presente documento. O Capítulo 2 inclui informações sobre produção e usos de HBCD no passado e no presente. O Capítulo 3 fornece uma visão geral das principais fontes e caminhos de emissões de HBCD no meio ambiente. O Capítulo 4 fornece informações sobre alternativas ao uso de HBCD para isenções específicas sob a Convenção, incluindo alternativas químicas ao HBCD bem como alternativas não-químicas e funcionais. O Capítulo 5 descreve o BAT e BEP a serem considerados na produção e utilização de HBCD para as isenções específicas sob a Convenção. O Capítulo 6 fornece considerações resumidas para a identificação da substância química de acordo com a Parte VII do Anexo A à Convenção. O Capítulo 7 fornece informações a serem consideradas no gerenciamento ambientalmente seguro de resíduos contendo HBCD, e o Capítulo 8 aborda a problemática dos locais contaminados.

2. Informações Gerais sobre HBCD

2.1. Produção de HBCD

2.1.1. Volumes de produção

O HBCD tem sido comercializado mundialmente desde os anos 60 e continua sendo produzido para utilização em construções EPS e XPS. Ele vem sendo produzido especialmente na China, União Européia e Estados Unidos. A produção total de HBCD foi estimada em cerca de 31.000 (mil) toneladas em 2011, das quais cerca de 13.000 (mil) toneladas foram produzidas em países da EU e nos Estados Unidos, e 18.000 (mil) toneladas na China (UNEP/POPS/POPRC.7/19/Add.1, UNEP/POPS/POPRC.8/16/Add.3). Para

comparação, em 2001, a demanda por HBCD foi entre 9.500 (mil) toneladas e 16.500 (mil) toneladas na Europa, 3.900 (mil) toneladas na Ásia e 2.800 (mil) toneladas nas Américas Sul e Norte (produções adicionais e dados para utilização estão disponíveis em UNEP/POPS/POPRC.7/19/Add.1 e UNEP/POPS/POPRC.8/16/Add.3). A partir do segundo trimestre de 2016, o HBCD deixou de ser produzido na Europa. Devido as obrigações impostas pela Convenção e à alternativas para o HBCD estarem disponíveis para EPS e XPS, espera-se que a produção futura e volume de utilização diminuam no futuro (UNEP 2015a, ECHA 2009).

2.1.2. Método de produção

A produção de HBCD é por processamento em lote. Bromo elementar é adicionado à ciclododecatríeno em forma de solvente. A temperatura do processo é de 20 a 70 °C, e a reação ocorre em sistemas fechados. A suspensão obtida é filtrada, o solvente é removido com água, e o produto é secado, armazenado em um silo e embalado. De acordo com um produtor, a produção e o transporte do material para o silo e o empacotamento são feitos em sistema fechado. O produto é entregue em forma de pó ou pellets (Comissão Europeia 2008).

O método de produção, descrito em termos gerais na Ficha Técnica da IUCLID é o seguinte:

- Carregamento de matérias-primas
- Bromação
- Filtragem
- Secagem
- Armazenamento em silo
- Empacotamento

2.1.3. Micronização (trituração em partículas menores)

As partículas de HBCD em algumas aplicações (e.g. para uso em revestimento têxtil) precisavam ser bem pequenas. Portanto, algumas quantidades de HBCD foram micronizadas em um processo de trituração (UNRP 2015a, Comissão Europeia 2008).

2.2. Utilizações do HBCD

A tabela abaixo resume as utilizações do HBCD (UNEP 2015a, ECHA 2009):

Material	Uso/Função	Produtos Finais (Exemplos)
Poliestireno Expandido (EPS)	Isolamento	<ul style="list-style-type: none"> • Placas de isolamento térmico para veículos de transporte e.g. caminhões e caravanas • Placas de isolamento em construções e.g. paredes de casas, adegas e tetos internos e “telhado invertido” (externo) • Placas de isolamento contra geadas em aterros de estradas e ferrovias • Material de embalagens (embalagens de produtos não alimentícios e utilização minoritária e não recomendada em produtos alimentícios)
Poliestireno Extrudado(XPS)	Isolamento	<ul style="list-style-type: none"> • Placas de isolamento térmico para veículos de transporte e.g. caminhões e caravanas • Placas de isolamento em construções e.g. paredes de casas, adegas e tetos internos e “telhado invertido” (externo) • Placas de isolamento contra geadas em aterros de estradas e ferrovias
Poliestireno de Alto Impacto (HIPS) -- uso atualmente proibido sob a Convenção --	Partes elétricas e eletrônicas	<ul style="list-style-type: none"> • Invólucro para partes elétricas de videocassetes • Equipamento elétrico e eletrônico e.g. caixas de distribuição para linhas elétricas • Invólucros para fitas cassete

Dispersão de polímeros para têxteis -- uso atualmente proibido sob a Convenção --	Agente de cobertura têxtil	<ul style="list-style-type: none"> • Tecido de estofamento • Tecido ticking para colchões • Móvel estofada montável e de empilhamento (móvel comercial e residencial) • Estofamento de assentos em transportes • Têxteis do interior de automóveis • Cortinas e coberturas de parede • Têxteis de interior e.g. persianas
---	----------------------------	--

2.2.1. Poliestireno Expandido (EPS)

Formulação de composto EPS

O poliestireno expandido é produzido por processamento em lote, i.e. descontinuamente por polimerização de suspensão do estireno na água. O estireno é disperso na água em gotículas. Antes de combinar a água com a fase orgânica, são introduzidos aditivos. Esses aditivos tipicamente incluem agentes de suspensão, iniciadores formadores de radical livre e HBCD retardador de chama. O pó de HBCD, tipicamente entregue em sacos de papel com revestimento em plástico, normalmente com conteúdo de 25 kg, é suspenso em estireno a baixas temperaturas anteriormente à adição da fase aquosa.

Normalmente as bolsas são esvaziadas em um recipiente intermediário de onde o HBCD é transportado via tubos e em uma estação de pesagem, anteriormente à adição de estireno. No reator, o estireno forma a fase dispersa do tamanho de gotículas na fase aquosa contínua. O tamanho final das gotículas (de 0.01 a 0.5 mm) é determinado pela proporção entre fase dispersa e contínua (tipicamente 50:50) e pela velocidade do agitador. Os agentes de suspensão previnem coalescência.

Dentro das gotículas de monômero (a maior parte), ocorre polimerização enquanto o conteúdo do reator é aquecido e mantido em sua temperatura de reação. Durante essa polimerização de radical livre um agente de expansão (e.g. pentano) é adicionado ao reator sob pressão, onde é absorvido pelas gotículas de polímero. Nas gotas finas de EPS, o HBCD é incorporado como um componente integral e encapsulado dentro da matriz do polímero com concentração uniforme por toda a gota.

Depois da conversão completa de do monômero de estireno em gotas de EPS, o reator é arrefecido e as gotas são separadas da água através de centrifugação. A água decantada, que pode conter HBCD dissolvido e disperso, é reutilizada e trocada de ano em ano ou menos. Essas diferentes categorias são embaladas em caixas, bolsas ou transportadas em caminhões tanque até os conversores de EPS. Presume-se que a concentração típica de HBCD em gotas de EPS seja de 0.7% com um máximo de 1.0% (Comissão Europeia 2008, BC TG).

Utilização Industrial de composto EPS

Espuma PS é produzida a partir de gotas de EPS via pré-expansão das gotas com espuma seca e saturada, secando-as com ar quente e moldando-as com formas ou em uma máquina de moldagem contínua. Primeiro, as gotas de matéria prima são transportadas via canos ou tubos dos recipientes de armazenamento para esses reatores continuamente agitados. Depois da expansão as gotas são parcialmente secadas com ar quente em estufas de leito flutuante.

As gotas são subsequentemente armazenadas em grandes silos permeáveis para que “madurem” por várias horas (no máximo 24 horas). Durante esse estágio as gotas secam mais ainda e atingem equilíbrio com a atmosfera do ambiente a sua volta. Na terceira fase as gotas são transportadas/sopradas, via canos/tubos em moldes ou em uma máquina de moldagem contínua na qual o produto adquire forma. A espuma pode ser moldada adicionalmente através de cortes, serragem ou outras operações através de máquinas (Comissão Europeia 2008).

Usos profissionais e privados de EPS contendo HBCD

O EPS contendo HBCD é utilizado em produtos finais tais como:

- Painéis/placas de isolamento no setor de construção
- Material rígido de empacotamento para equipamentos frágeis (uso minoritário)

- Material de empacotamento como por exemplo “chips” é placas moldadas de EPS (uso minoritário)

O EPS contendo HBCD também pode ser utilizado em materiais cenográficos para teatro, cinema ou exposições. Atividades secundárias de processamento para os produtos de espuma EPS, especialmente para espuma em formato de bloco, incluem serragem e usinagem para confecção de produtos com formatos específicos como, por exemplo, placas interligadas. Os recortes ou serragem podem ser reciclados no processo de moldagem dentro da estação. Os produtos de espuma EPS, e.g. placas de isolamento, são normalmente transportados em pacotes embrulhados a vácuo, ou embaladas em caixas.

Quase toda a espuma EPS contendo HBCD é utilizada na indústria da construção. O uso desses produtos retardadores de chama é frequentemente exigido para a prevenção de incêndios e/ou para cumprir com os regulamentos e códigos da construção.

O EPS utilizado em embalagens normalmente não contém nenhum aditivo retardador de chamas. De acordo com a informação de 2008, isso ocorre apenas em casos específicos e.g. quando requisitado pelo cliente para diminuir, por exemplo, o efeito de incêndios, materiais EPS retardadores de chama são utilizados apenas em embalagens não alimentícias (Comissão Europeia 2008).

2.2.2. Poliestireno Extrudado (XPS)

Na produção de material XPS o estágio de formulação pode ocorrer tanto em um local separado como no mesmo local do próximo estágio para uso industrial.

Formulação de composto XPS

O HBCD é fornecido ou em forma de pó ou em granulados, ou em bolsas de 25 kg ou em grandes sacos de 1 tonelada (ou “bolsas grandes”). Os grandes sacos são esvaziados em funis projetados para minimizar a emissão de poeira. O HBCD é então levado ao ponto de mistura com ar de parafuso ou equipamento de medição movido por ar. O poliestireno composto é extrudado e cortado em grânulos, e embalado. O extrudido é esfriado com ar ou por meio de água corrente em uma banheira. De acordo com a informação da indústria o masterbatch pode conter aproximadamente 40% (w/w) de HBCD (Comissão Europeia 2008).

Utilização industrial de composto XPS (masterbatch) / pó HBCD / grânulos na fabricação de XPS

A fabricação de materiais de XPS acontece da seguinte forma:

- O poliestireno, os aditivos como, por exemplo, auxiliares de processamento, retardadores de chama em forma de composto, pó ou grânulos, agentes de tingimento e expansão, são abastecidos continuamente em uma extrusora.
- O polímero é derretido; o agente de expansão é misturado com o polímero derretido e um “gel espumoso” é formado.
- O gel é então arrefecido antes de escoar por um orifício chamado die, onde o agente de expansão dissolvido volatiliza-se, fazendo com que o plástico assuma uma estrutura de espuma. O agente de expansão reduz a densidade do produto formando uma miríade de células fechadas dentro de sua estrutura.
- A espuma é então cortada no formato desejado. As placas são empacotadas em fardos embalados a vácuo e colocados em palletes.
- Os recortes de espuma contabilizam por volta de 15-25% do material total e são reciclados e utilizados novamente na extrusora. Esse material consiste em, principalmente, rebarbas das laterais e “pele” da superfície. O material reciclado é compactado ou pelletizado; no caso mencionado por último os fios entram em contato com água durante o arrefecimento.

Uma tecnologia, que não é comumente utilizada, conhecida como a tecnologia UCI, utiliza um vácuo em adição aos agentes de expansão para a produção de uma espuma mais leve (de menor densidade). Nessa tecnologia, o produto entra em contato com água em um tanque de água diretamente após a extrusão.

Painéis de isolamento feitos de XPS contém entre 0.8% a 2.5% (w/w) de HBCD (Comissão Europeia 2008).

Usos profissionais e privados de XPS

O XPS contendo HBCD é majoritariamente utilizado em produtos finais como painéis/placas de isolamento para o setor da construção. O produto XPS é normalmente transportado para o armazém de um distribuidor principal, e talvez de lá vá para um distribuidor local/revendedor e então para uma construção a mando de um empreiteiro. Existe uma parcela pequena (5%) de negócios “faça você mesmo” via lojas ou fornecedoras de materiais. Obviamente, para grandes construções o empreiteiro pode pedir que o material seja entregue diretamente da fábrica para o local da obra.

O XPS foi oficialmente aprovado para usos em tetos invertidos de uma ou duas camadas. Também pode ser utilizado com uma membrana a prova d’água para isolar estacionamentos telhados verdes. O XPS também pode ser usado para isolamento de perímetro.

Similar ao caso do EPS, a utilização de poliestireno retardador de chamas para a prevenção de danos de congelamento em aterros de estradas e ferrovias é regulado por padrões nacionais para a prevenção de incêndios, principalmente para prevenir incêndios durante o transporte e armazenamento. É presumido que, quando o retardador de chamas é utilizado, a concentração de HBCD em XPS seja entre 0.8 e 2.5% (Comissão Europeia 2008).

2.2.3. Poliestireno de Alto Impacto (HIPS)

Formulação de composto de poliestireno para a produção de HIPS

Poliestireno de alto impacto é produzido ou por processamento em lote ou por processo de polimerização contínua. O material bruto final é homogeneizado e extrudado em pellets de HIPS. Esses pellets são o material inicial para a produção de HIPS retardadores de chama. Diferentes aditivos retardadores de chamas são utilizados, dos quais HBCD foi utilizado apenas em pequena quantidade¹. No funil todos os ingredientes, juntamente com os pellets de HIPS, são medidos na extrusora para mistura, homogeneização e granulação em pellets.

Uma rota alternativa para a produção de HIPS é via composição intermediária. Primeiramente um masterbatch polivalente com pellets de poliestireno e HBCD em alta concentração é preparado, seguido pela composição desse masterbatch com material virgem de HIPS na fase de conversão. O processo de preparação da masterbatch de HBCD é similar ao da produção de HIPS, mas com concentrações maiores de HBCD.

Após a massa extrudada no final da extrusora ser prensada por um prato com buracos (prato/die), processos diferentes de granulação acontecem, por exemplo:

- Sistema face-cutting com ar; uma faca giratória imediatamente após o prato corta os “filetes” extrudados em pellets arrefecidos pelo ar.
- Face cutting submerse, uma faca giratória imediatamente após o prato em uma banheira de água corta os filetes extrudados em pellets arrefecidos pela água.
- Corte em filetes; os filetes derretidos passam por uma banheira de água para esfriarem e solidificarem e são cortados em um granulador

Depois do processo de granulação os pellets de HIPS são secados e embalados, ou em grandes silos/containers ou em bolsas de 25 kg, prontos para a conversão em produtos HIPS. O processo de masterbatch de HBCD normalmente utiliza a opção de corte em filetes.

Utilização industrial de composto de HIPS

Os materiais HIPS podem ser convertidos em produtos HIPS utilizando várias técnicas de extrusão e moldagem por injeção. Os produtos HIPS também podem ser fabricados por composição, i.e. misturando material bruto de HIPS virgem com uma masterbatch de HBCD durante a extrusão ou processo de moldagem por injeção.

¹ De acordo com decisão tomada pela Convenção, O HBCD não pode ser mais utilizado com essa aplicação.

Utilizações profissionais e privadas para o HIPS

A maioria dos produtos HIPS retardadores de chamas são utilizados em aparelhos elétricos e eletrônicos. HBCD em HIPS foi utilizado em e.g.:

- Cabines para equipamento áudio visual (equipamentos de vídeo e som)
- Caixas de distribuição para linhas elétricas no setor da construção
- Revestimentos de refrigeradores

2.2.4. Revestimentos têxteis

Sistemas retardadores de chamas são utilizados na aplicação de têxteis com o objetivo de cumprir normas para prevenção de incêndios. O HBCD foi formulado a dispersões baseadas em polímeros (e.g. acrílico ou látex) de viscosidade variável na indústria de polímeros. As partículas de HBCD utilizadas para estofamentos têxteis precisavam ser muito pequenas. Portanto, a micronização ocorria anteriormente à fase de formulação.

Formulação de dispersão de polímeros para têxteis

Formuladores de têxteis preparam formulações retardadoras de chamas, que são dispersões baseadas em água e podem conter um sistema pasta e HBCD bem como até 20 outros ingredientes. Essas formulações retardadoras de chamas, geralmente feitas sob medida, são fornecidas como dispersão para revestimentos. Nesse cenário, a formulação acontece em um sistema de lote aberto. O HBCD foi adicionado a uma dispersão contendo água, um polímero e.g. látex sintético, acrílicos ou PVC, agentes engrossadores e de dispersão. A preparação química pode conter também outros retardadores de chamas bromados como éter decabromodifenílico. Em adição, agentes sinérgicos como trióxido de antimônio e pentóxido de antimônio também podem ser inclusos no produto final. De acordo com a informação da indústria., a concentração de HBCD na dispersão pode variar entre 5 a 48%. No entanto, informações adicionais dos produtos indicam que uma concentração provável de HBCD na camada estofada é por volta de 25% correspondendo a 10 – 15% da diluição final da dispersão. Água e solventes saem da preparação quando ela é secada e as concentrações de retardadores de chamas se tornam maiores do que na preparação. As preparações com maior concentração de HBCD são, presumidamente, diluídas anteriormente ao uso.

A dispersão com base em água usada pelos revestimentos; tanto pasta quanto espuma precisam estar estáveis (sem precipitação ou mudança em viscosidade) e não devem conter partículas para prevenir o entupimento do sistema. É por isso que o tamanho de partículas nos sólidos é tão importante. Partículas muito finas agem como espessadores, e material muito grosso levará a uma dispersão não estável (precipitação) e a um filme de revestimento aplicado com uma superfície áspera não aceitável.

Utilização Industrial do agente de estofamento têxtil

A aplicação de revestimentos à têxteis pode feita das seguintes formas:

- Na forma de pasta quando uma camada é “colada” ao têxtil e uma faca de raspagem define a espessura final dependendo do padrão de retardamento de chamas, o têxtil é utilizado na concentração retardadora de chamas em dispersão ou
- como espuma, onde uma camada de espuma é prensada ao têxtil por meio de uma tela giratória. Uma vez aplicada as células de espuma quebrarão resultando em um fino filme de revestimento.

O revestimento é seco e fixado em fornos de temperaturas entre 140 a 180 °C. O produto formulado é utilizado em têxteis técnicos e tecido de mobília, em tecidos de algodão e misturas de algodão com poliéster. O HBCD foi normalmente aplicado com trióxido de antimônio como revestimento em uma proporção em massa de 2,1 (i.e entre 6 e 15% de HBCD e de 4 a 10% de óxido de antimônio por peso) (Concelho Nacional de Pesquisa, 2000).

Uso profissional e pessoal de têxteis com revestimento contendo HBCD

Os têxteis com revestimento contendo HBCD podem ser utilizados para e.g. mobília estofada montável e de empilhamento (mobília comercial e residencial), assentos estofados em transportes, cortinas e coberturas de paredes, ticking de colchões, têxteis de interior e.g. persianas, têxteis no interior de automóveis e assentos de carros.

3. Fontes Emissoras

3.1. Locais de produção

A maior parte do HBCD é emitido das fontes industriais de acordo com a avaliação de risco da EU (Comissão Europeia 2008). Emissões potenciais ao meio ambiente podem ocorrer em todas as fases do processo de produção: transporte e armazenamento, abertura e esvaziamento de embalagens, e no descarte dessas embalagens no final do processo de produção. Técnicas de prevenção de poluição eficientes em indústrias que produzem e/ou utilizam HBCD devem ser implementadas. Com base nas propriedades físicas-químicas do HBCD, uma redução de emissões no ar e em águas residuais nas indústrias pode ser esperada se a capacidade de sistemas de prevenção à poluição já existentes for aumentada e/ou sua efetividade for melhorada.

As melhores técnicas de atenuação e prevenção da poluição são descritas para a indústria de polímeros e têxteis pela Comissão Europeia (2003 e 2007) nos “Documentos de Referência sobre Melhores Técnicas Disponíveis” (BREFs). No BREF para a indústria de polímeros, retardadores de chama bromados são mencionados separadamente, enquanto no BREF para a indústria de têxteis, eles não o são, porém pertencem às substâncias “não biodegradáveis”. É notado que ambos os BREFs não abrangem usos industriais a jusante, como por exemplo o uso de HBCD contendo EPS e XPS em construções.

De acordo com a Norden (2007), as emissões de locais de construção para água residual de sistemas de tratamentos municipais estão, em uma estação de tratamento modelo de apanhamento de resíduos, a uma proporção de ca. 80% de massa inicial, enquanto a parte que sobra é liberada com efluente. Mesmo em estações de tratamento que têm condições de degradação anaeróbica ideais, a remoção por degradação seria de 7% da carga inicial. Medidas para melhorar a proporção de remoção de partículas em estações de tratamento levariam a um aumento no apanhamento de resíduos do HBCD (ver <http://www.vecap.info/>). Para reduzir a emissão total para o meio ambiente, fermentação anaeróbica e/ou incineração de resíduos como uma medida de último recurso seriam necessários.

3.2. Acumulação de HBCD - armazenagem

O HBCD tem estado no mercado mundial desde os anos 1960. A maior utilização de placas de isolamento contendo HBCD começou nos anos 80 (Comissão Europeia 2008). A quantidade de HBCD na sociedade está se acumulando, já que se estima que a vida útil de produtos contendo HBCD seja geralmente maior que 1 ano, variando entre 1 e mais de 50 anos e, em alguns casos mais de 100 anos.

Life expectancy of plastics

Aplicações	Vida Útil (years)
Construção	>50 para espumas de PS
Eletrônicos	0 a 5
Elétricos	10 a 20
Mobília	5 a 10
Utilidades domésticas	0 a 5
Embalagens	2

Dados da OECD (2004), do Centro Fraunhofer de Informação para Planejamento e Construção (2014), e o BBSR (2011)

3.3. Importação e Exportação de artigos contendo HBCD

O HBCD é comumente transportado, incluindo em remessas transfronteiriças, em pó/grânulos ou pellets, como masterbatches de gotas de EPS e pellets de HIPS a jusante na cadeia de produção para a conversão em produtos finais para usos profissionais ou venda para consumidores. Os dados sobre importação e exportação de HBCD são atualmente limitados, já que se espera que as Partes da Convenção relatem essa informação em nos quartos relatórios nacionais, que devem ser submetidos em 2018. Anterior à menção de HBCD no Anexo A da Convenção, várias importações - em países específicos - de HBCD como um composto puro ou em produtos foram relatadas no perfil de risco sobre HBCD de 2010 desenvolvido pelo Comitê de Revisão POPs: Canadá (100-1.000 toneladas), Austrália (<100 toneladas), Polônia (500 toneladas), Romênia (185 toneladas) (UNEP/POPs/POPRC.6/13/Add.2).

EPS e XPS para a indústria da construção não são facilmente transportados em longas distâncias devido ao volume do material. Além disso, os Processos de extrusão e expansão são processos industriais relativamente simples, o que permite que eles sejam realizados na região onde os produtos são necessários. O transporte de poliestireno composto (PS) com HBCD (grânulos, masterbatches ou gotas) em longas distâncias não pode ser excluído, mas faltam maiores informações (Comissão Europeia 2008).

É provável que material de embalagem contendo HBCD (e.g. EPS) para proteger equipamentos frágeis seja transportado mundialmente. O poliestireno de alto impacto (HIPS) contendo HBCD provavelmente é importado para certos países em equipamentos elétricos e eletrônicos. Têxteis com uma camada de revestimento contendo HBCD também são provavelmente importados (Comissão Europeia 2008).

3.4. Perdas de HBCD em produtos finais

Os polímeros são vários tipos de poliestireno (EPS, XPS, HIPS,) látex, acrílicos etc. O HBCD é adicionado à matriz do polímero, não é quimicamente ligado, e não parece ser degradado na matriz. A concentração no polímero varia entre 0.7 (EPS) e 25% (revestimentos têxteis).

A emissão de HBCD em produtos finais vai depender de processos químicos e físicos. Os processos físicos determinando a perda de HBCD da matriz do polímero são (1) migração de HBCD no polímero, (2) perda de HBCD na superfície e (3) emissão de partículas perdidas no processamento do material ou por causa de exposição ao tempo e desgaste. A taxa de migração depende da taxa de difusão (concentração e volatilidade e/ou condições físicas e.g. temperatura e a solubilidade de HBCD em uma mídia de contato (PlasticsEurope, Exiba (Cefic) e Efra, 2016).

Para estimativa quantitativa da emissão de um produto final, a área de superfície relativa do produto deve ser considerada.

A etapa de limitação de ritmo de emissão de HBCD em produtos finais pode ser no ritmo de migração no polímero ou no ritmo de perda da superfície dependendo de parâmetros como:

- concentração de HBCD no polímero
- natureza do polímero
- natureza do meio circundante

Os meios circundantes são ar (na maioria dos usos), água (usos externos e.g. tetos invertidos molhados por precipitação) e terra (material de construção enterrado).

Em um estudo por Li et al. (2016), resultados modelos são fornecidos para as emissões de HBCD a longo prazo na China. Para o período de 2000 a 2100 eles mostram que a maioria do HBCD entrará na pedosfera (59%), seguido pela atmosfera (25%) e a hidrosfera (16%). A maior parte de emissões no solo vem de aterros não controlados ou dumping aberto de resíduos de construção e demolição. O descarte não controlado de resíduos de construção e demolição é uma prática comum na maior parte da China e em outras regiões em desenvolvimento.

Em outro estudo pela Håøya e Haagensen (2011) o seguinte foi concluído com relação ao conteúdo de HBCD em amostras de EPS e solo retiradas de viadutos onde blocos de EPS foram utilizados como material de preenchimento em aterros "super leves" para viadutos na Noruega:

- O conteúdo de HBCD nos blocos de EPS estava no nível esperado com base nas informações do produto;
- O conteúdo de HBCD no solo abaixo dos blocos de EPS estava abaixo do nível de detecção (0,2 mg/kg de massa seca);
- O risco de exposição para humanos e o meio ambiente ao HBCD dos blocos de EPS é considerado baixo

3.5. Descarte e recuperação de material

Resíduos contendo HBCD são gerados em cada etapa da vida útil. Em alguns casos o material de resíduo, chamado de resíduo pré-consumidor, pode ser reciclado no processo. Resíduos de produtos finais (resíduo pós-consumidor) são incinerados, colocados em lixões, reciclados ou eventualmente deixados no meio ambiente.

De acordo com as provisões da Convenção de Estocolmo, a reciclagem de artigos/produtos contendo HBCD acima do limite POP não está isenta. No entanto, pode ocorrer no caso de países que não são Parte da Convenção ou não ratificaram a ementa do HBCD (UNEP 2015a). Na EU, a reciclagem de artigos contendo HBCD é permitida contanto que as concentrações no produto final sejam de menos de 100 mg/kg.

No setor de embalagens europeu, o EPS geralmente não contém HBCD, e é ou incinerado ou reciclado. Porém, em outros países, as embalagens, principalmente de equipamentos elétricos e eletrônicos, podem conter HBCD. Se alguma parte das embalagens do país contiver HBCD ela pode então ser separada antes da reciclagem. As tecnologias para separação podem ser triagem XRF (similar à abordagem descrita para plástico WEEE em UNEP 2015b). A análise XRF é limitada à detenção exclusiva de bromo em produtos, sem capacidade de identificar o tipo de composto BFR. Para identificação de HBCD em espumas PS ver Schlummer et al. (2015). Atualmente, a incineração é a metodologia mais eco eficiente de destruir completamente o HBCD em espumas PS utilizadas em construção (Mark et al. 2015).

A indústria vem desenvolvendo processos que podem reciclar EPS em poliestireno e atingir a recuperação de bromo, ao mesmo tempo destruindo o HBCD². No exemplo de HBCD contendo espuma de poliestireno esses processos permitem a recuperação de aproximadamente >99.5% do aditivo retardador de chamas utilizado³. Deve ser observado que esses processos estão disponíveis para uso comercial, mas ainda não estão sendo implementados em escala industrial⁴.

UNEP (2015a) lista as seguintes fontes de emissões e exposição ao HBCD e seus subprodutos ao meio ambiente em sua vida útil:

Fonte	Meio de Emissão	Tipos de resíduo	Contaminantes
1. Fabricação de HBCD			
1.1. Processo de produção	Resíduo sólido, off-gas, águas residuais	Poeiras, resíduos de produtos, resíduos de tratamento de efluentes, produtos descartados, tecido descartados para filtragem de resíduos, resíduos de filtragem	HBCD
1.2. Produtos e processo de empacotamento	Resíduos sólidos Partículas (de poeira)	Produtos descartados, resíduos de embalagens	HBCD
2. Utilização de HBCD (Processo)			
2.1. Produção de materiais de construção	Gás residual, águas residuais e resíduos sólidos	Poeira, resíduos de produção, resíduos de efluentes, produtos descartados, resíduos de embalagens	HBCD
2.2. Fabricação de mobília	Gás residual, águas residuais e resíduos sólidos	Poeira, resíduos de produção, resíduos de efluentes, produtos descartados e resíduos de embalagens	HBCD

² <http://www.eumeps.construction/show.php?ID=5001&psid=sokmcvspm19d1e5nk4m4uv1em0>

³ <http://www.creacycle.de/en/the-process.html>; http://www.synbra.com/en/39/187/raw_materials.aspx

⁴ <http://www.creacycle.de/en/projects/recycling-of-expanded-poly-styrene-eps/polystyrene-loop-2016.html>; www.epc.com

Fonte	Meio de Emissão	Tipos de resíduo	Contaminantes
2.3. Produção têxtil	Gás residual, águas residuais e resíduos sólidos	Dust, production residue, wastewater sludge, waste products and packaging wastes clothing	HBCD
2.4. Production of High Impact Polystyrene (HIPS)	Gás residual, águas residuais e resíduos sólidos	Poeira, resíduos e esgoto de lodo, produtos descartados e resíduos de embalagens	HBCD
3. Utilização para consumidores			
3.1. Lixivação e evaporação de produtos	Gás residual, águas residuais e resíduos sólidos	Poeira/partículas, resíduos	HBCD
3.2. Incêndios	Gás residual, águas residuais e resíduos sólidos	Resíduos, solo contaminado, locais de conflito	HBCD e PBDD/PBDF
4. Descarte e reciclagem de resíduos			
4.1. Materiais de construção e reciclagem de resíduos	Resíduos sólidos	HBCD contendo EPS e XPS; resíduos de reciclagem ou da separação de HBCD dos polímeros	HBCD e outros químicos
4.2. Reciclagem de plástico descartado	Resíduos sólidos	Resíduos de HIPS, e outros plásticos Invólucros de plástico para elétricos e eletrônicos, placas de circuitos, espumas de fio e de poliuretano que não são recicladas depois do desmantelamento	HBCD e outros químicos
4.3. Incineração	Escape, resíduos sólidos, águas residuais	Resíduos sólidos (cinzas, efluente gasoso e resíduos da limpeza); Gás de escape	HBCD e PBDD/PBDF*
4.4. Aterros de lixo	Resíduos sólidos e Lixiviados; emissões no ar (incêndios)	Lixiviados; gases de queima de resíduos a céu aberto	HBCD e outros químicos; PBDD/PBDF

* A qualidade da incineração determina os níveis de PBDD/PBDF, que tem baixos níveis em incineradores de boa qualidade (Mark et al. 2015; Weber and Kuch 2003).

4. Alternativas ao uso de HBCD para as isenções específicas sob a Convenção de Estocolmo

Estão disponíveis tanto retardadores de chamas alternativos quanto alternativas ao EPS e ao XPS. Esses materiais de isolamento minerais, que não precisam de retardadores de chamas e espuma de poliuretano rígido, têm retardadores de chama alternativos disponíveis. Uma alternativa mecânica para o HBCD seria revestir EPS ou XPS em invólucros a prova de fogo, porém essa solução só poderia ser utilizada em uma quantidade limitada de aplicações (UNEP 2015a).

Para a utilização de HBCD em têxteis, químicos alternativos estão disponíveis no mercado. Eles são: constituintes de fósforo reativo, polifosfatos de amônia e fosfato diamônico. Para o HBCD utilizado em poliestireno de alto impacto (HIPS), alternativas químicas estão disponíveis. As alternativas mais comuns são outros retardadores de chama bromados em conexão com trióxido de antimônio. Uma alternativa não bromada é, para alguns usos, a combinação de copolímero de HIPS com óxido de polifenileno (PPO) e um retardador de chamas. O fosfato de trifenila pode ser utilizado como retardador de chamas no HIPS-PPO (UNEP 2015a).

4.1. Substituição de retardadores de chamas

4.1.1. Alternativas à EPS e XPS

Butadiene-styrene brominated copolymer

Um copolímero bromado de butadieno e estireno, atualmente denominado BLUEEDGE™ Polymeric FR™ uma marca registrada da Dow Chemical Company, está disponível no mercado (também disponível com

os seguintes nomes: Emerald Innovation 3000, FR-122P e GreenCrest). Ele foi projetado para fornecer as propriedades retardadoras de chamas a pequenas cargas de espuma de poliestireno, para cumprir as exigências de prevenção de incêndios da indústria como, por exemplo, a resistência de ignição (Beach 2013). Com base nos critérios e orientações da DfE Análise de Alternativas, o perfil de risco do copolímero bromado de butadieno e estireno (CASRN 1195978-93-8) mostra que é previsto que ele seja mais seguro que o HBCD para diversas finalidades. Devido ao seu grande tamanho, falta de componentes de baixo peso molecular (MW), e grupos funcionais não reativos, os perigos para a saúde humana de intoxicação do meio ambiente para esse polímero são medidos ou previstos como baixos, apesar de dados experimentais não estarem disponíveis para todas as utilizações. Em geral, se espera que o potencial de exposição do copolímero bromado de butadieno e estireno seja menor que o de outros químicos sendo avaliados já que é um polímero grande e, portanto, menos provável de se dispersar do poliestireno. As designações de risco dessa alternativa são baseadas em altas formulações de MW do polímero, onde todos os componentes têm um MW>1.000. Para o copolímero bromado de butadieno e estireno, o MW é por volta de 100.000 daltons.⁵ Esse produto substitui o HBCD.

EPS e XPS não retardadores de chama em combinação com barreiras térmicas (e.g. concreto)

Espumas de isolamento EPS e XPS não retardadoras de chamas em combinação com outros materiais de construção são utilizadas em alguns países para proteger o EPS e o XPS de pegarem fogo. Por exemplo, na Suécia e na Noruega, as regulações nacionais permitem o uso de materiais não retardadores de chamas, contanto que o elemento total de construção cumpra com os requerimentos de segurança e prevenção de incêndios. Nesses países, o EPS em combinação com barreiras térmicas (materiais não combustíveis com capacidade térmica para suportar altas temperaturas e.g. concreto) é utilizado como alternativa para EPS e XPS retardadores de chamas. A utilização do EPS em combinação com barreiras térmicas reduz a necessidade do EPS retardador de chamas sem comprometer a prevenção de incêndio nas construções (KLIF 2011). Nos Estados Unidos, no Canadá e na maioria da Europa, onde aparentemente existem requerimentos materiais para materiais de isolamento, o EPS e o XPS em sua aplicação para construções provavelmente devem conter retardadores de chamas (Blomqvist 2010).

4.1.2. Alternativas ao HIPS

As alternativas ao HIPS incluem:

HIPS alternativas incluem: resorcinol bis (fosfato de bifênila), bisfenol A bis (fosfato de bifênila), cresil difenil fosfato, fosfato de trifênila e ligas de PPE/HIPS tratadas com alternativas de retardadores de chamas livres de halogênios. Informações específicas não estão disponíveis para descrever a performance do resorcinol bis (fosfato de bifênila) e do cresil difenil fosfato no HIPS. No entanto, tendo em vista o fato de que o HBCD não é comumente utilizado nos HIPS e que essas alternativas foram preliminarmente identificadas como tecnicamente executáveis, é possível que essas substâncias estejam sendo utilizadas e que seus atributos de performance sejam similares ao HBCD (Maag et al. 2010). E em relação ao PPE/HIPS, grandes fábricas europeias de aparelhos televisores aparentemente estão utilizando ligas, incluindo PPE/HIPS, com retardadores de chamas não halogênicos. Essa é uma indicação de que

⁵ Para maiores informações, ver:

Dow Global Technologies: Press Release 15 April 2014: <http://building.dow.com/media/news/2014/20140415a.htm>

BASF: Press Release 25 November 2014: <https://www.basf.com/documents/corp/en/news-and-media/news-releases/2014/11/P407e-flame-retardant.pdf>

ICL-IP: FR-122P Press Release February 2016: <http://www.globes.co.il/en/article-icl-albemarle-agree-flame-retardant-supply-cooperation-1001106014>

Chemtura: Emerald Innovation 3000 Press Release April 2013:

<http://www.businesswire.com/news/home/20130422006889/en/Great-Lakes-Solutions-Sees-Continued-Success-Flame>

Comments to ECHA public consultation on alternatives to HBCDD

<http://echa.europa.eu/addressing-chemicals-of-concern/authorisation/applications-for-authorisation/comments-public-consultation-0013-01>

UNEP POP-RC Webinar on “Alternatives to HBCD – state of play” Recording and presentations from producers and users of alternatives to HBCD

<http://chm.pops.int/Implementation/TechnicalAssistance/Webinars/tabid/1529/Default.aspx?overlayId=ArtId-11407>

ligas de PPE/HIPS com retardadores de chamas não halogênicos também são capazes de ter a performance exigida pelos padrões da indústria. Ligas de PPE/HIPS têm sabidamente uma resistência inerente relativamente maior a pegar fogo ou alastrar chamas porque formam uma superfície de espuma carbonizada isolante quando aquecidas. Elas também têm maior força de impacto e oferecem oportunidades de design similares para partes com detalhes estruturais delicados. Além disso, ligas de PPE/HIPS exigem menos mudanças aos moldes e ferramentas de alto preço utilizadas no processo de moldagem (Maag et al. 2010).

4.1.3. Alternativas para revestimentos têxteis

Sistemas intumescentes têm mostrado seu potencial com sucesso. Vários sistemas intumescentes para aplicação em têxteis estão no mercado já há 20 anos (Posner et al. 2010). Eles são baseados na formação de alcatrão mineral expandido, que age parcialmente como uma barreira de isolamento contra o calor e como um retentor de fumaça. Sistemas intumescentes para revestimentos têxteis requerem manejo especial em sua aplicação para garantir que os sistemas funcionem conforme o intencionado. É importante que as melhores condições e combinações dos três componentes diferentes dos sistemas estejam em distribuição uniforme e dispersão bem distribuída na aplicação têxtil para a proteção contra chamas desejada ser atingida (Posner 2004).

4.2. Substituição de resina/material

Uma variedade de materiais de isolamento é utilizada em construções, cada opção tendo vantagens para aplicações específicas que determinam seu uso, e algumas que permitem aplicação geral. Em termos de volumes de mercado os materiais de isolamento mais relevantes, excluindo EPS/EXS são a lã mineral, a lã de fibra de vidro e as espumas rígidas de poliuretano, mas existem também outros materiais de isolamento que são utilizados.

Placas de EPS não retardadoras de chamas são utilizadas em alguns países em combinação com outros materiais de construção que protegem o EPS de pegar fogo. Uma opção amplamente empregada na construção é um isolamento no solo ou no chão, abaixo de uma camada de concreto, porém paredes e outras construções mais abertas podem ser confeccionadas com placas de EPS normais que não são retardadoras de chamas caso barreiras térmicas sejam aplicadas.

4.2.1. Lã de rocha

A lã de rocha é feita de rochas vulcânicas, tipicamente basalto ou dolomita, uma proporção cada vez maior das quais são materiais reciclados na forma de briquetes. Lãs de escórias são feitas de escórias de alto-forno (resíduos). A lã de rocha é um subgrupo da lã mineral juntamente com a lã de fibra de vidro. Durante a última década, lã de fibra de vidro, lã de pedra (rocha) e lã de escória tem, juntamente, suprido metade da demanda mundial por isolamento.

Depois do forno, gotículas do vítreo derretido são centrifugados até virarem fibras. Gotículas caem em volantes que giram rapidamente ou a mistura é passada por pequenos buracos em roletas giratórias que a molda em fibras. Pequenas quantidades de aglutinantes são adicionadas às fibras para adesão. A estrutura e densidade do produto pode ser adaptada ao seu uso final específico. Rochas inorgânicas ou escória são os principais componentes (tipicamente 98%) da lã de rocha. Os outros 2% de conteúdo orgânico é geralmente composto de um aglutinante de resina termoconsolidante (um adesivo), normalmente fenol/formaldeído e um pouco de óleo mineral.

4.2.2. Lã de vidro (isolamento com fibra de vidro)

Para a lã de vidro as matérias primas são areia, calcário e carbonato de sódio, bem como recortes reciclados do processo de produção. A lã de vidro é um subgrupo da lã mineral.

As matérias primas são derretidas em um forno a temperaturas muito altas, tipicamente entre 1300 e 1500 °C. No isolamento boratos de fibra de vidro agem como um fluxo poderoso no derretimento já que diminui as temperaturas de derretimento do vidro (Floyd et al., 2008). Depois do forno, gotículas do vítreo derretido caem em volantes que giram rapidamente ou a mistura é passada por pequenos buracos em roletas giratórias que a molda em fibras para adesão. Pequenas quantidades de aglutinantes são

adicionadas às fibras. Produtos de lã de vidro geralmente contém entre 95% e 96% de material inorgânico (Eurima 2011).

4.2.3. Espumas fenólicas

O isolamento de espuma fenólica é feito combinando resina de fenol/formaldeído com um agente espumante. Quando um endurecedor é adicionado à mistura e rapidamente agitado, a reação exotérmica da resina, em combinação com a ação do agente espumante, causa a resina a espumar. Esse processo é seguido pela fixação rápida do material espumoso (Greenspec 2011). No processo o fenol é polimerizado pela substituição de formaldeído no anel aromático via uma reação de condensação e um material rígido e termoendurecível é formado. Se comparado ao EPS/XPS e PUR/PIR, a participação de mercado das espumas fenólicas é menor devido a seu alto preço.

4.2.4. Materiais naturais de isolamento à base de fibras

Vários materiais de isolamento modernos têm fibras naturais como base, principalmente fibras de plantas, mas também lã de ovelhas. Alguns desses materiais são conhecidos a séculos mas voltaram a ser utilizados nas últimas décadas devido ao crescimento de interesse em técnicas de construção ecológicas. Esses materiais estão disponíveis em forma de enchimento solto para isolamento, batts de isolamento ou/e em rolos.

4.2.5. Outros materiais naturais de isolamento à base de fibras

Como foi mencionado, vários outros materiais de isolamento à base de fibras naturais também foram considerados como alternativas ao EPS retardados de chama, porém não foram investigados mais a fundo devido a limitações do estudo.

4.3. Materiais específicos e materiais alternativos emergentes

Os materiais de isolamento apresentados nesta sessão podem ser alternativas funcionais ao EPS e XPS, mas não são considerados atualmente como viáveis para aplicações em grandes construções, e, portanto, estão limitados para aplicações específicas ou áreas geográficas limitadas. Essa informação tem a intenção de fornecer contexto caso ocorram mudanças em processos de fabricação ou as economias de escala permitam que esses produtos se tornem viáveis no futuro. Uma variedade de produtos de isolamento existe com o objetivo de suprir as diversas características de diferentes aplicações. Produtos de isolamento específicos geralmente não são adequados para todas as aplicações.

O arogl está disponível como placa rígida, rolo, ou enchimento solto; e é utilizado para o isolamento de piso radiante, rainscreens, telhados, tetos de catedrais e paredes de interior (Madonik 2011). É feito de gel de sílica, tereftalato de polietileno (PET), fibra de vidro, e hidróxido de magnésio (COWI 2011). O arogl é leve e tem valor R elevado (10), mas é caro.

A espuma de carbono é um tipo de placa de espuma rígida feita de coque calcinado. É fabricada em quantidades limitadas e é utilizada principalmente como isolamento específico nas indústrias aeronáutica, marinha, e de energia (Madonik 2011).

O sistema de isolamento Foamglas é uma placa rígida de isolamento feita de areia, calcário e carbonato de sódio e é usado principalmente para aplicações industriais a altas temperaturas, onde é necessário resistência extrema ao calor, mas também pode ser utilizado para isolamento em telhados, paredes e em níveis subterrâneos.

A espuma fenólica é um tipo de espuma rígida e isolamento espumado-no-local que pode ser utilizado em telhados, cavidades de paredes, paredes externas e pisos (COWI 2011). Atualmente, apenas isolamento fenólico espumado-no-local está disponível nos Estados Unidos (Departamento de Energia dos EUA 2011). Espumas fenólicas rígidas não são mais produzidas nos Estados Unidos após problemas com quebras devido a corrosão ocorrerem no início dos anos 1990, apesar de poderem ser importados da Europa e da Ásia (Smith et al. 1993; Schroer et al. 2012).

O isolamento reflexivo consiste em um material de isolamento metálico que incorpora uma barreira radiante (normalmente alumínio de alta reflexão) papel craft, filme plástico, plástico bolha de polietileno,

ou papelão (Departamento de Energia dos EUA 2012). Isolamento reflexivo é utilizado para reduzir o fluxo de calor radiante através de um espaço aberto, é mais útil para fluxos de calor inferiores, e é tipicamente utilizado entre as vigas de telhados, vigas de soalho (ou isolamento reflexivo), enquadramentos de parede (Departamento de Energia dos EUA 2008). O resto dos isolamentos descritos aqui são projetados para reduzir a condução de calor térmico por superfícies sólidas, em qualquer direção. Por esse motivo, o isolamento reflexivo não é uma alternativa para EPS e XPS e funciona melhor em conjunto com outras formas de isolamento.

O isolamento Agrifiber é formado por resíduos agrícolas (e.g. cascas de arroz, micélios de fungos, trigo ou palha de arroz) e está disponível em forma de placa (Healthy Building Network 2011; Wilson 2011). O Agrifiber geralmente utiliza borato como um retardador de chamas (Sustainable Sources 2011). Novas formas de isolamento Agrifiber sendo desenvolvidas utilizando micélio como aglutinador supostamente receberam classificação Classe 1 de prevenção ao fogo sem a utilização adicional de nenhum retardador de chamas químico (Wilson 2011). O Agrifiber tem valor R entre 3.0 e 3.5 e não é a prova d'água; está disponível atualmente apenas em aplicações SIP limitadas (Healthy Building Network 2011; Madonik 2011).

5. Técnicas a serem consideradas na determinação de BAT para a produção e utilização de HBCD

Esse capítulo define técnicas consideradas, de forma geral, com grande potencial para atingir altos níveis de proteção ambiental nas indústrias, dentro do escopo do presente documento. Estão inclusos sistemas de gerenciamento, técnicas integradas ao processo e medidas de fim do processo, porém existe certa quantidade de sobreposição entre essas três categorias na busca de resultados otimizados. Processos de prevenção, controle, minimização e reciclagem também são considerados, assim como a reutilização de materiais e energia (Comissão Europeia 2007).

5.1. Técnicas genéricas

O BREF da indústria de polímeros considera que, em geral, para cada instalação de polímero, a combinação de BAT genérico com o BAT específico do tipo de polímero (i.e. para poliestireno – EPS e XPS) representa um ponto de início para o processo de determinar técnicas e condições locais apropriadas. O objetivo prático é a otimização local das circunstâncias da instalação e de outros fatores locais.

5.1.1. Ferramentas de gerenciamento ambiental

A melhor performance ambiental (BEP) é normalmente atingida pela instalação que possui a tecnologia mais avançada e a opera da forma mais efetiva e eficiente. Um Sistema de Gerenciamento Ambiental (SEM) é uma ferramenta que os operadores podem utilizar para enfrentar esses problemas de design, construção, manutenção, operação e desativação de forma sistemática e demonstrável. Um EMS inclui a estrutura organizacional, responsabilidades, práticas, procedimentos, processos e recursos para o desenvolvimento, implementação, manutenção, revisão e monitoramento da política ambiental. Sistemas de Gerenciamento Ambiental são mais efetivos e eficientes quando são uma parte inerente ao resto do gerenciamento e operação da instalação.

Um sistema de gerenciamento ambiental (EMS) pode conter os seguintes componentes:

- Definição de uma política ambiental a ser instalada pelos responsáveis pelo gerenciamento (o comprometimento dos gerentes é uma pré-condição para a aplicação bem-sucedida de outros elementos do EMS).
- Planejamento e estabelecimento dos processos necessários.
- Implementação dos procedimentos, prestando atenção principalmente em:
 - Estrutura e responsabilidade;
 - Treinamento, consciência e competência;
 - Comunicação;
 - Envolvimento dos empregados;
 - Documentação;

- Controle eficiente de processos;
- Programa de manutenção;
- Preparo e resposta a emergências;
- Garantia de cumprimento da legislação ambiental.
- compliance with environmental legislation.
- Checagem de performance e tomada de medidas corretivas, prestando atenção principalmente em:
 - Medição de monitoramento;
 - Ações preventivas e corretivas;
 - Monitoring and measurement;
 - Corrective and preventive action;
 - Manutenção de registros.
- Promoção de auditorias internas independentes (quando possível) para determina se o EMS está conforme o planejado e vem sendo corretamente implementado e mantido.

Quatro características adicionais são consideradas como medidas de suporte:

- O exame e validação do Sistema de gerenciamento e processo de auditoria por um órgão credenciado de certificação ou verificador externo ao EMS.
- Preparação e publicação (e possivelmente a validação externa) de uma declaração ambiental periódica descrevendo todos os aspectos ambientais significantes da instalação, permitindo a comparação anual com os objetivos e metas ambientais bem como com referências do setor, conforme apropriado.
- Consideração de padrões aplicáveis específicos da indústria, quando disponíveis.
- Implementação e adesão de um EMS internacionalmente aceito.

Essa última medida voluntária pode fornecer maior credibilidade ao EMS, principalmente se tratando de padrões transparentes e internacionalmente aceitos, como o ISO9001 e o ISO14001. Sistemas não padronizados podem, em princípio, ser igualmente efetivos contanto que sejam devidamente concebidos e implementados.

5.1.2. Design de equipamentos

Os tanques de processo são equipados com respiros para prevenir que a pressão se intensifica por gases inertes. Esses respiros também são utilizados para despressurizar e arrefecer equipamentos durante emergências e antes de manutenções. Geralmente, os respiros são conectados com o equipamento de controle de poluição do ar, a não ser grandes respiros de alívio de pressão que, devido aos grandes fluxos, sobrecarregariam o sistema de tratamento.

Para prevenir vazamentos de respiros de alívio de pressão, discos de ruptura podem ser utilizados em combinação com válvulas de segurança, possivelmente com uma análise prévia de 'segurança e risco'. A pressão entre o disco de ruptura e a válvula de segurança é monitorada para detectar qualquer vazamento. Se as válvulas de segurança estiverem conectadas com um incinerador, discos de ruptura podem não ser necessários.

Medidas técnicas para prevenir e minimizar emissões fugitivas de poluidores do ar incluem:

- a utilização de válvulas dupla vedação ou vedação na parte de baixo ou equipamento igualmente eficiente. Válvulas seladas na parte de baixo são especialmente recomendadas para serviços altamente tóxicos;
- bombas magnéticas ou enlatados; ou bombas com vedação dupla e uma barreira líquida;
- compressores magnéticos ou enlatados, ou compressores com vedação dupla e uma barreira líquida;
- agitadores magnéticos ou enlatados, ou agitadores com vedação dupla e uma barreira líquida;
- minimização do número de flanges (conectores);
- vedação eficiente;
- sistemas de amostra fechados;
- drenagem de efluentes contaminados em sistemas fechados;

- coleção de respiros

5.1.3. Análise e medição de emissões fugitivas

Um bom programa de medição e reparo de emissões fugitivas requer um cálculo preciso de componentes e o estabelecimento de um banco de dados. No banco de dados, os componentes devem ser classificados por tipo, serviço e condições de processo para identificar os elementos com potencial mais alto para emissões fugitivas e facilitar a aplicação de fatores de vazamento de acordo com os padrões da indústria.

A experiência mostra que uma estimativa derivada da aplicação desses fatores padrão pode levar a uma superestimativa de emissões fugitivas gerais do local. Uma estimativa mais precisa é obtida caso os componentes acessíveis sejam triados por uma técnica estabelecida (e.g. USEPA 21) que identifica as fontes como 'vazamento' ou 'sem vazamento' de acordo com um limiar estabelecido. A porcentagem de componentes com vazamentos versus sem vazamentos é aplicada para melhorar a validade geral das estimativas de emissão fugitiva.

Resultados precisos também podem ser obtidos quando correlações específicas desenvolvidas a partir de um grupo de instalações comparáveis são aplicadas.

5.1.4. Monitoramento e manutenção de equipamento

O componente estabelecido e o banco de dados do serviço fornece a base para um programa de monitoramento e manutenção (M&M) ou para um programa de detecção e reparo de vazamentos (LDAR). As taxas de vazamento de componentes são checadas regularmente utilizando um analisador de vapor orgânico. Componentes vazantes são identificados para reparo e monitoramento futuro. Com o passar do tempo, é possível ter um panorama de áreas de prioridade e componentes críticos persistente, possibilitando construir objetivos para o trabalho de manutenção e/ou melhoramento em design.

5.1.5. Redução de emissões de poeira

O ar utilizado para transportar pellets pneumáticamente e operar unidades para remoção de pó dos pellets contém partículas de poeira e fios. Geralmente, a densidade do polímero influencia a formação de poeira e fios, e uma densidade maior do polímero levará a uma maior formação de poeira, enquanto uma menor densidade do polímero aumenta a susceptibilidade para formação de fios. A poeira é potencialmente emitida, enquanto os fios acabam no produto ou coletados como resíduos do polímero. As seguintes técnicas e boas práticas de operação para redução de emissão de poeira devem ser consideradas na determinação de BAT:

- Transporte denso é mais eficiente para a prevenção de emissão de poeira do que transporte diluído por fase, apesar de a modernização para o transporte denso não ser sempre possível devido às limitações de pressão do design;
- Redução de velocidades em sistemas de transporte em fase diluída para as menores possíveis;
- Redução de geração de poeira em linhas de transporte através do tratamento de superfícies e alinhamento adequado de canos;
- Utilização de ciclones e/ou filtros na saída de ar de unidades de retirada de poeira. A utilização de sistemas de filtragem com tecido é mais efetiva, especialmente para poeira fina;
- Utilização de purificação por via úmida.

5.1.6. Minimização das paradas e reinicializações das instalações

Através de melhor estabilidade de operação (assistida por monitoramento computadorizado e sistemas de controle) e confiabilidade de equipamentos, a necessidade de parada e reinicialização das instalações é reduzida para um mínimo. Paradas emergenciais podem ser evitadas pela identificação atempada de condições desviantes seguida pela aplicação de um processo controlado de desligamento.

5.1.7. Sistemas de contenção

Emissões que ocorrem durante a inicialização da instalação, desligamentos e paradas emergenciais são enviadas para um sistema de contenção para evitar sua emissão para o meio ambiente. O material

contido, que pode consistir de monômeros que não reagiram, solventes, polímeros, etc. é reciclado, se possível, ou utilizado como combustível e.g. no caso de polímeros de qualidade indefinida.

5.1.8. Recuperação de todas as correntes de purga e reatores de ventilação

As correntes de purga são utilizadas com óleos combustíveis ou tratada com oxidantes térmicos que podem ser utilizados para recuperação de calor e produção de vapor.

5.1.9. Prevenção de poluição de água

Sistemas de drenagem ou saneamento de efluentes dentro da instalação são feitos de materiais resistentes a corrosão e feitos para prevenir vazamentos e reduzir o risco de emissão de tubulações subterrâneas. Para facilitar a inspeção e o reparo, os sistemas de coleta de água residual em novas instalações e sistemas reequipados são:

- Canos e bombas colocados acima do solo; ou
- Canos colocados em dutos acessíveis para inspeção e reparo; ou
- Contam com medidas para prevenir a poluição de água que incluem sistemas de coleta separada de efluentes para:
 - Água contaminada residual de processos;
 - Água potencialmente contaminada, de vazamentos e outras fontes, incluindo água utilizada para arrefecimento e água de escoamento de áreas que contêm instalações onde ocorrem processos, etc.
 - Água não contaminada.

5.1.10. Tratamento de águas residuais

Existem várias técnicas para tratar águas residuais: biotratamento, desnitrificação, desfosfatação, sedimentação, flotação, etc. Dependendo do efluente de água residual e de sua composição, e também da operação que acontece na instalação, as técnicas mais apropriadas são selecionadas para o tratamento das águas residuais.

A maior parte do WWTP é geralmente o processo de tratamento biológico por lamas ativadas. Nas redondezas das dependências centrais, um complexo de operações de separação preparatórias e subsequentes é organizado. A unidade pode ser em um local dedicado para esse fim no local da instalação de polímero, uma instalação central na localidade contendo a instalação do polímero, ou uma WWTP urbana externa conectada por tubulação dedicada ou um esgoto com pouco risco de transbordar devido à tempestades anterior ao WWTP. A instalação central de água residual é normalmente equipada com:

- Volume de tampão ou volume de equalização, caso ainda não fornecidos por outras dependências a montante;
- Estação de mixagem onde químicos de neutralização e floculação são adicionados e misturados (geralmente leite de cal e/ou ácidos minerais, sulfato ferroso); fechado ou coberto caso necessário para prevenir liberações de substâncias odoríferas, o ar evacuado capturado é canalizado para um sistema de redução de poluição;
- Clarificador primário, onde a floculação é removida; fechado ou coberto caso necessário para prevenir emissões fugitivas de substâncias odoríferas, o ar evacuado capturado é canalizado para um sistema de redução de poluição;
- Parte da lama ativada, e.g.
 - Bacia de aeração com alimentação de nutrientes na entrada, fechado ou coberto caso necessário com ar evacuado capturado canalizado para um sistema de redução de poluição;
 - Ou tanque de reação fechada (e.g. tower biology) com duto de gás, conectado a um sistema de redução de poluição de gases;
 - Estágio de nitrificação/desnitrificação (opcional) e eliminação de fosfato.
- Clarificador intermediário opcional, quando um segundo estágio biológico aeróbico é operado, com reciclagem opcional de lama e segunda parte de lama ativada, para biologia de baixa carga;

- Clarificador final com reciclagem de lama e transferência para tratamento de lamas; filtro de areia alternativo, equipamento MF ou UF;
- Dependências de tratamento adicionais opcionais, com o objetivo de eliminar o resto do COD, e.g. tratamento UV ou coluna de stripping;
- Dependências de tratamento adicionais opcionais, após o clarificador final, e.g. secadores suspensos;
- Dependência para tratamento de lamas/resíduos, como, por exemplo:
 - digestores;
 - espessador de lamas;
 - secador de lamas;
 - incinerador de lamas.
- e/ou outras tecnologias equivalentes para o tratamento de águas residuais.

5.2. Técnicas específicas

Em adição ao BAT genérico (sessão anterior), os seguintes BAT devem ser considerados para a produção de poliestireno (Comissão Europeia 2007).

Additionally to the generic BAT (previous section), for the production of polystyrene, the following BAT are to be taken into account (European Commission 2007).

5.2.1. Minimização e controle de emissões de armazenamento

O BAT deve usar uma ou mais das seguintes técnicas:

- Minimização de variação de nível;
- Linhas de balanceamento de gás;
- Telhados flutuantes (apenas para grandes tanques);
- Condensadores instalados;
- Recuperação de respiros para tratamento.

5.2.2. Coleta e tratamento de ar evacuado de pelletização

Geralmente, o ar sugado da seção de pelletização é tratado juntamente com reatores de ventilação e correntes de purga (processos GPPS e HIPS).

5.2.3. Redução de emissões do Sistema dissolvente em processos HIPS

O BAT deve utilizar uma ou mais das seguintes técnicas ou técnicas equivalentes:

- Ciclones para separação do transporte de ar;
- Sistemas de bombeamento de alta concentração;
- Sistemas dissolventes contínuos;
- Linhas de balanceamento de vapor;
- Recuperação de respiros para tratamento adicional;
- Condensadores.

5.2.4. Redução de emissões de técnicas específicas do processo EPS

O BAT deve usar uma ou mais das seguintes técnicas ou técnicas equivalentes:

BAT is to use one or more of the following or equivalent techniques:

- Linhas de balanceamento de vapor;
- Recuperação de respiros para tratamento adicional;
- Condensadores.

Lista da Comissão Europeia sobre as seguintes técnicas específicas do processo EPS:

Emissões	Técnicas disponíveis	Custo	Eficiência
Gás			
Armazenamento	Minimização de variação de níveis	P	M

	Linhas de balanceamento de gás	M	M
	Tetos flutuantes	A	A
	Instalação de condensadores	A	A
	Tratamento de recuperação de respiros	A	A
Preparação de cargas orgânicas para reatores	Linha de balanceamento de vapor	P	A
	Recuperação de respiro para tratamento externo (oxidante regenerativo termal)	M	A
Emissão de pentano após polimerização	Adsorção/sistemas de dessorção/luz	A	A
Líquidos			
Purga	Recuperação para uso com óleo de combustível ou para incineração	M	A
Águas residuais	Tratamento biológico*	P	A
Resíduos sólidos**			
Resíduos nocivos e não-nocivos	Minimização de volume por boas práticas de separação	P	M
	Coleta para tratamento externo	M	A
Técnicas de gerenciamento		M	A

*instalação de tratamento existente

**apenas quantidades insignificantes

P: Pequeno; M: Médio; A: Alto

5.3. Medidas voluntárias da indústria

A indústria implementou um programa voluntário de controle de emissões, O VECAP (<http://www.vecap.info>) que é regido sob os princípios do Responsible Care®. O VECAP foi estabelecido em 2004 pelos três principais produtores de retardadores de chamas, juntamente com a associação de Finalizadores Têxteis do Reino Unido. Ele garante o gerenciamento ambientalmente responsável de químicos em elementos da cadeia de valor, reduzindo o potencial de emissões de químicos durante o processo de produção e fabricação. Os relatórios anuais do VECAP demonstram uma redução contínua de potenciais emissões de HBCD no meio ambiente (VECAP 2014).

No passado, o programa voluntário de controle e redução de emissões de HBCD era conhecido como SECURE (Self Enforced Control of Use to Reduce Emissions); ele agora é adotado pelo VECAP, do qual fazem parte os produtores de HBCD e fabricantes de gotas de EPS/espumas XPS.

6. Considerações para identificação

De acordo com a parte VII do Anexo A da Convenção de Estocolmo, as Partes que se registrarem para as isenções para produção e utilização de HBCD para EPS e XPS em construções deveram tomar as medidas necessárias para garantir que o EPS e XPS contendo HBCD possam ser facilmente identificados através de rótulos e outros meios durante seu ciclo de vida. As orientações sobre a rotulagem dos produtos ou artigos que contém POPs (UNEP 2012) fornece as Partes com algumas considerações sobre esse assunto.

7. Considerações para o gerenciamento ambientalmente seguro de resíduos contendo HBCD

Uma vez que as construções contendo isolamento EPS/XPS são demolidas ou artigos contendo têxteis tratados com HBCD (e.g. veículos, mobília), bem como materiais plásticos de eletrônicos e outros são descartados, eles se tornam resíduos. Devido a longa vida útil de produtos onde o HBCD é mais utilizado, quando não é gerenciados de maneira ambientalmente segura, os resíduos podem levar a um potencial aumento de emissão de HBCD no meio ambiente.

Resíduos contendo HBCD incluem resíduos de produção, placas de isolamento, resíduos de construção e renovação, e resíduos de outras aplicações como plásticos WEE, têxteis e veículos de transporte. As placas de isolamento representam a maioria dos resíduos contendo HBCD especialmente nos países que utilizam

isolamento para casas. A vida útil da espuma de isolamento de poliestireno em construções é prevista em >50 anos (OECD 2004; the Fraunhofer Information Center for Planning and Building, 2014; BBSR, 2011) e pode exceder 100 anos. A utilização de placas de isolamento de HBCD vêm aumentando desde os anos 1980 e é provável que as emissões de materiais residuais de EPS/XPS sejam mais significantes no futuro; particularmente de 2025 para frente, já que um número cada vez maior de construções contendo HBCD serão remodeladas ou demolidas (UNEP/POPS/POP/RC.6/13/Add.2). A maior parte desse material deve ir para aterros de lixo ou ser incinerado. (Li et al. 2016; UBA 2015).

O conhecimento sobre para onde esses materiais serão destinados ao fim de sua vida útil é essencial para um melhor entendimento sobre identificação de resíduos alvo e para o gerenciamento apropriado e ambientalmente seguro (ESM) desses resíduos. Orientações químicas para o gerenciamento ambientalmente seguro de resíduos consistindo em, contendo ou contaminados com hexabromociclododecano vem sendo desenvolvidas dentro do escopo da Convenção da Basileia (UNEP 2015d). O artigo 6, parágrafo 2 da Convenção de Estocolmo determina a base para cooperação próxima com a Convenção da Basileia em problemáticas comuns de relevância como, por exemplo, os resíduos POP listados nos Anexos I e VIII da Convenção da Basileia. Orientações relevantes também estão disponíveis sob a Convenção de Estocolmo para a assistência das Partes em suas ações para o gerenciamento ambientalmente seguro de resíduos contendo HBCD (a orientação PBDE BAT/BEP (UNEP 2015b) pode ser utilizada como referência suplementar).

Recuperação de EPS / XPS

De acordo com as disposições feitas pela Convenção de Estocolmo, a reciclagem de artigos/produtos contendo HBCD acima do limite baixo POP não está isenta. Somente em EPS e XPS que contém HBCD abaixo do limite baixo POP podem ser reciclados. A UNEP (2015a) observa que a reciclagem de materiais que não constam nas disposições da Convenção pode acontecer em países que não são Parte da Convenção ou não ratificaram a emenda sobre HBCD.

Uma opção para a reciclagem do polímero pode ser a separação do HBCD do polímero pela aplicação de dissolvente como técnica pré-tratamento – separação do HBCD do plástico, seguida pela destruição do HBCD por pirólise com recuperação de bromo.

A indústria desenvolveu processos que podem reciclar EPS em poliestireno e alcançar a recuperação de bromo enquanto destruindo o HBCD⁶. No exemplo da espuma contendo HBCD, tais processos permitem a recuperação de certa de >99.5% do aditivo retardador de chamas utilizado⁷. Deve ser observado que esses processos estão disponíveis para uso comercial, mas ainda não foram implementados em escala industrial⁸.

Construção e desconstrução

Resíduos sólidos contendo HBCD gerados nos locais de construção e desconstrução podem ser materiais de sucata gerados durante operações de processamento ou retalhamento com emissões de partículas relacionadas. Devido à presença de agentes de expansão regulados, o retalhamento deve ser feito sob condições controladas. Partículas também podem ser emitidas através do envelhecimento e desgaste dos produtos finais, e do descarte de produtos ao final de sua vida útil.

Na desconstrução, há uma necessidade de separação de materiais contendo HBCD. Tecnologias para a identificação relacionadas podem ser triagem de XRF (similar à abordagem descrita para plástico WEE em UNEP 2015b). Deve ser observado que a análise de XRF está limitada somente à detecção de bromo nos produtos, sem nenhuma capacidade de identificação do tipo de composto BFR. Para a identificação de HBCD em EPS ver Schlummer et al. (2015) (também ver a sessão 3.5 acima).

Destruição térmica

⁶ <http://www.eumeps.construction/show.php?ID=5001&psid=sokmcvspm19d1e5nk4m4uv1em0>

⁷ <http://www.eumeps.construction/show.php?ID=5001&psid=sokmcvspm19d1e5nk4m4uv1em0>

⁸ <http://www.creacycle.de/en/projects/recycling-of-expanded-poly-styrene-eps/polystyrene-loop-2016.html>; www.epc.com

Emissões de HBCD e derivados (como PBDD/PBDF) são baixas para incineradores mais tecnológicos, porém podem ser altas para outros incineradores ou para queima aberta. (Mark et al. 2015; Takigami et al. 2014; Weber and Kuch 2003). Ver as orientações fornecidas em UNEP (2015b,c,d).

Aterramentos

Para aterramento de resíduos contendo ou contaminados com HBCD, se referir ao Capítulo 8 em UNEP 2015b.

8. Locais contaminados

De acordo com as disposições do Artigo 6(1)(e), as Partes devem se esforçar para desenvolver estratégias apropriadas para a identificação de locais contaminados pelos químicos listados nos Anexos A, B ou C. A UNEP (2015a) fornece uma lista de locais ou hot spots potencialmente contaminados por HBCD como indicado na tabela abaixo:

Estágio do ciclo de vida; Setor	Atividades	Locais
Produção de HBCD	Produção (No passado)	Local de produção
	Destruição (No passado) de resíduos de produção	Locais onde resíduos de produção foram destruídos
	Descarte de resíduos de produção	Aterros relacionados à resíduos de produção
	Descargas de água	Sedimentos de rios e margens relacionadas a emissões de locais de produção
Locais onde EPS e XPS foram utilizados na produção	Indústrias EPS/XPS que utilizavam HBCD (No passado)	Local de produção; Aterros de resíduos relacionados; Águas de superfície impactadas (sedimentos e planícies aluviais)
	Indústria têxtil e outras indústrias que utilizavam HBCD (No passado)	Local de produção; Aterros de resíduos relacionados; Águas de superfície impactadas (sedimentos e planícies aluviais)
	Fábricas que micronizam HBCD	Local de produção; Aterros de resíduos relacionados; Águas de superfície impactadas (sedimentos e planícies aluviais)
Uso de HBCD	Locais onde EPS e XPS são utilizados	Solo impactado por construções/cidades ⁹
	Incêndios acidentais em construções	Solo/ambiente em volta de incêndios acidentais envolvendo HBCD XPS/EPS
Tratamento no fim da vida	Área de reciclagem de materiais contendo HBCD	Áreas de reciclagem e aterros com depósito de resíduos
	Deposição de resíduos contendo HBCD	Aterro e arredores de lixiviado de resíduos contendo HBCD Landfill and surrounding from
	Queima a céu aberto ou incineração não BAT de resíduos contendo HBCD ¹⁰	Locais relacionados e locais onde resíduos/cinzas são descartados
	Locais de aplicação de lamas de depuração impactadas por HBCD	Terras agrícolas

⁹ A comparação de HBCD em solos de cidades do Reino Unido com ambientes rurais revelou níveis mais altos nas cidades, com alguns picos de concentração em solo de cidades soil (Harrad et al. 2010). See also Li et al. (2016) and Håøya and Haagensen (2011) referenciados na sessão 3.4

¹⁰ A combustão de resíduos contendo HBCD em incineradores mais tecnológicos não gera emissões relevantes de HBCD ou PBDD/F(Mark et al. 2015; Weber et al. 2003).

- Floyd P, Nwaogu T, Tuffnell N. (2008), Assessment of the Risk to Consumers from Borates and the Impact of Potential Restrictions on their Marketing and Use. RPA for the European Commission. http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/chemicals/files/docs_studies/final_report_borates_en.pdf
- Greenspec. (2011). Website of Greenspec®. Information of insulation materials derived from organic sources. <http://www.greenspec.co.uk/insulation-plant-fibre.php>
- Håøya, Arnt-Olav, Haagenen, Kim. (2011). Environmental risks assessments of flame-retardant found in EPS bridge embankments. <http://www.civil.utah.edu/~bartlett/Geofoam/15a%20-%20Haoya-Environmental%20risks%20assessments%20final%202011-04-19.pdf>
- Healthy Building Network. (2011). "Pharos." Retrieved June 9, 2011, from <http://www.pharosproject.net>
- Hong SH, Jang M, Rani M, Han GM, Song YK, Shim WJ. (2013). Expanded polystyrene (EPS) buoy as a possible source of hexabromocyclododecanes (HBCDs) in the marine environment. *Organohalogen Compounds* 75, 882-885.
- The Fraunhofer Information Center for Planning and Building. (2014). "Rückbau, Recycling und Wiederverwertung von WDVS". April 2014. http://www.irbnet.de/daten/baufo/20148036054/F_2932_WDVS_Recycling_Langbericht.pdf
- Li et al. (2016). Long-term emissions of hexabromocyclododecane as a chemical of concern in products in China. *Environment International* 91 (2016) 291–300.
- Maag J, Brandt UK, Mikkelsen SH, Lassen C. (2010). Inclusion of HBCDD, DEHP, BBP, DBP and additive use of TBBPA in annex IV of the Commission's recast proposal of the RoHS Directive. Danish Environmental Protection.
- Madonik A. (2011). Should Green Buildings Contain Fire Retardants? Design for the Environment Kick-Off Meeting, Crystal City, VA.
- Mark FE, Vehlou J, Dresch H, Dima B, Grüttner W, Horn J. (2015). Destruction of the flame retardant hexabromocyclododecane in a full-scale municipal solid waste incinerator. *Waste Management & Research* 33, 165–174.
- National Research Council. (2000). Toxicological risks of selected flame-retardant chemicals. National Academy Press.
- Nordic Council of Ministers Norden (2007). Hexabromocyclododecane as a possible global POP, Copenhagen 2007. TemaNord 2008:520
- OECD. (2004). Emission Scenario Document on Plastics Additives. OECD Series on Emission Scenario Documents No. 3. 2004
- PlasticsEurope, Exiba (Cefic), and Efra. (2016). HBCD in Polystyrene Foams Product Safety Assessment. <http://www.basel.int/Implementation/POPsWastes/AdditionalResources/tabid/4740/Default.aspx>
- Posner S. (2004). Survey and technical assessment of alternatives to decabromodiphenyl ether (decaBDE) in textile applications. Kemi Nr 5/04.
- Posner S, Roos S, Olsson E. (2010). Exploration of management options for HBCDD. Swerea Report 10/11. http://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/lrtap/TaskForce/popsxg/2010/Updated%20documentns_June2010/Exploration%20of%20management%20options%20for%20HBCD.pdf
- Rani M, Shim WJ, Han GM, Jang M, Song YK, Hong SH. (2014). Hexabromocyclododecane in polystyrene based consumer products: an evidence of unregulated use. *Chemosphere*. 110, 111-119.
- Remberger M, Sternbeck J, Palm A, Kaj L, Strömberg K, Brorström-Lundén E. (2004). The environmental occurrence of hexabromocyclododecane in Sweden. *Chemosphere* 54, 9-21.
- Schlummer et al. (2015): Rapid Identification of HBCD in PS foams in Waste Management & Research. doi:10.1177/0734242X15589783

Schroer D, Hudack M et al. (2012). Rigid Polymeric Foam Boardstock Technical Assessment.

Smith TL, Carlson JD et al. (1993). Steel Deck Corrosion Associated with Phenolic Roof Insulation: Problem Causes, Prevention, Damage Assessment and Corrective Action. 10th Conference on Roofing Technology. Gaithersburg, MD.

Smock D. (2011). The Molding Blog: BASF Supports New Polymeric Flame Retardant, posted on April 5, 2011. <http://www.themoldingblog.com/?p=173>

Sustainable Sources. (2011). "Insulation." Retrieved June 8, 2011, from <http://insulation.sustainable-sources.com/>

Swedish Chemicals Agency (Kemi). (2005). Survey and Technical Assessment of Alternatives to Decabromodiphenyl Ether (decaBDE) in Plastics. http://www.kemi.se/Documents/Publikationer/Trycksaker/Rapporter/Rapport1_05.pdf

Swedish Chemicals Agency (KEMI) (2006). Survey and Technical Assessment of Alternatives to TBBPA and HBCDD.1/2006. https://www.kemi.se/Documents/Publikationer/Trycksaker/PM/PM1_06.pdf

Takigami H, Watanabe M, Kajiwara N. (2014). Destruction behavior of hexabromocyclododecanes during incineration of solid waste containing expanded and extruded polystyrene insulation foams. *Chemosphere* 116, 24–33.

UBA. (2015). 'Identification of potentially POP-containing Wastes and Recyclates – Derivation of Limit Values. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/texte_35_2015_identification_of_potentially_pop-containing_wastes.pdf

UNEP/POPS/POPRC.6/13/Add.2 Risk profile on hexabromocyclododecane. <http://chm.pops.int/TheConvention/POPsReviewCommittee/Meetings/POPRC6/POPRC6ReportandDecisions/tabid/1312/Default.aspx>

UNEP/POPS/POPRC.7/19/Add.1 Hexabromocyclododecane Risk Management Evaluation. <http://chm.pops.int/Convention/POPsReviewCommittee/POPRCMeetings/POPRC7/POPRC7ReportandDecisions/tabid/2472/Default.aspx>

UNEP/POPS/POPRC.8/16/Add.3 Addendum to the risk management evaluation on hexabromocyclododecane. <http://chm.pops.int/Convention/POPsReviewCommittee/LatestMeeting/POPRC8/POPRC8ReportandDecisions/tabid/2950/Default.aspx>

UNEP. (2012). Guidance on labeling of products or articles that contain POPs. Secretariat of the Stockholm Convention. <http://chm.pops.int/Implementation/NIPs/Guidance/Labelingofproductsorarticles/tabid/3174/Default.aspx>

UNEP. (2015a). Guidance for the inventory, identification and substitution of Hexabromocyclododecane (HBCD). Draft, April 2015. Secretariat of the Stockholm Convention. <http://chm.pops.int/Implementation/NIPs/Guidance/tabid/2882/Default.aspx>

UNEP. (2015b). Guidance on best available techniques and best environmental practices for the recycling and disposal of articles containing polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) listed under the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants. Secretariat of the Stockholm Convention. UNEP/POPS/COP.7/INF/22. <http://chm.pops.int/Implementation/NIPs/Guidance/GuidanceonBATBEPfortherecyclingofPBDEs/tabid/3172/Default.aspx>

UNEP. (2015c). General technical guidelines on the environmentally sound management of wastes of wastes consisting of, containing or contaminated with persistent organic pollutants. Secretariat of the Basel Convention. UNEP/CHW.12/5/Add.2/Rev.1. <http://www.basel.int/Implementation/POPsWastes/TechnicalGuidelines/tabid/5052/Default.aspx>

UNEP. (2015d). Technical guidelines for the environmentally sound management of wastes consisting of, containing or contaminated with hexabromocyclododecane. Secretariat of the Basel Convention.

UNEP/CHW.12/5/Add.7/Rev.1.

<http://www.basel.int/Implementation/POPsWastes/TechnicalGuidelines/tabid/5052/Default.aspx>

UNIDO. (2010). Persistent Organic Pollutants: Contaminated Site Investigation and Management Toolkit.

<http://chm.pops.int/Implementation/BATandBEP/AdditionalResources/tabid/1493/Default.aspx>

U.S. Department of Energy. (2008). Insulation Fact Sheet.

U.S. Department of Energy. (2011). Types of Insulation. Retrieved June 9, 2011, from

http://www.energysavers.gov/your_home/insulation_airsealing/index.cfm?mytopic=11510

VECAP. (2014). European Progress Report 2014 https://issuu.com/burson-marsteller-emea/docs/vecap_2015_bro_light

Weber R, Kuch B. (2003). Relevance of BFRs and thermal conditions on the formation pathways of brominated and brominated-chlorinated dibenzodioxins and dibenzofurans. *Environment International* 29, 699-710.

Wilson A. (2011). Greensulate – A fungus-based insulation material that's grown rather than manufactured. <http://greenspec.buildinggreen.com/blogs/greensulate-fungus-based-insulation-material-thats-grown-rather-manufactured>