

Identificação e significado ambiental de poluentes orgânicos e metais pesados encontrados as amostras relacionadas com a Rhodia S.A., Cubatão e São Vicente, Brasil, 1998.

Elaborado por Iryna Labunska, Ruth Stringer, David Santillo & Angela Stephenson Laboratório de Pesquisas do Greenpeace, Universidade de Exeter, Reino Unido, Janeiro de 1999.

Sumário

Foram coletadas onze amostras dos sistemas dos rios Perequê, Cubatão e Branco para determinar possíveis fontes e a distribuição de poluentes ambientais persistentes. As análises realizadas indicam contaminação de solo, árvores e sedimentos ao longo do Rio Cubatão com organoclorados ambientalmente perigosos que podem estar associados com a área de depósito de resíduos industriais (DRI) da Rhodia S.A.. Níveis elevados de mercúrio foram também determinados na maioria das amostras deste local¹. Uma amostra de sedimento coletada no Rio Cubatão, sobre a qual é improvável a contaminação pela área de DRI da Rhodia, também contém grande número de compostos organohalogenados (como organoclorados e organobromados). É necessário mais investigações para determinar a fonte de contaminação desta parte do Rio Cubatão. Uma amostra coletada a montante da Carbocloro Indústrias Químicas S.A., continha alto nível de mercúrio que poderia ser associado com a manufatura de cloro na célula de cloro-soda de mercúrio desta empresa. Três amostras de sedimentos coletas no aterro da Rhodia S.A. no Rio Branco, bairro do Quarentenário no município de São Vicente, continham níveis levemente elevados de cromo, níquel e mercúrio. A amostra de água subterrânea coletada nesta área, mostrou contaminação por esteres ftalatos que podem ser resultado de lixiviação dos aterros vizinhos, de propriedade da Rhodia.

Introdução

Em abril de 1998, um estudo preliminar foi conduzido para identificar fontes potenciais de contaminantes orgânicos e de metais pesados para o sistema Rio Cubatão/Rio Perequê, provenientes de empresas situadas próximo à confluência destes dois rios. Um total de 7 amostras foram coletadas, incluindo:

- sedimento de lagoa (amostra LA8008) e solo (amostra LA8007) da área de DRI em frente a planta da Rhodia S.A., às margens do Rio Perequê, imediatamente à montante da confluência deste com o Rio Cubatão. Esta área recebeu resíduos da Rhodia até 1993, quando a planta foi fechada. Enquanto em operação a fábrica produzia diversas substâncias organocloradas, incluindo pentaclorofenol;
- duas amostras de lascas de eucalipto coletadas na mesma área DRI - LA8070 e LA8071;
- três amostras de sedimento do Rio Cubatão: uma (LA8003) a montante da confluência com Rio Perequê, uma (LA8002) a jusante do DRI da Rhodia em frente à planta da Carbocloro Indústrias Químicas S.A., e uma (LA8005) a jusante das duas indústrias. Este trecho do Rio Cubatão estava sendo dragado.

Além destas descritas acima, outras três amostras de sedimento foram coletadas nas proximidades de outro aterro operado pela Rhodia, localizado nas margens do Rio Branco, no bairro Quarentenário, no município de São Vicente. Duas amostras (LA8009 e LA8010) foram

¹ Breves resumos da situação toxicológica e da regulamentação de alguns dos principais contaminantes orgânicos identificados neste estudo estão incluídos como um anexo a este relatório

coletadas de pequenos cursos de água que passam pelo local, e uma amostra (LA8011), no próprio Rio Branco.

Uma única amostra de água (LA8001) foi coletada de um poço particular na área residencial do bairro Quarentenário, defronte ao aterro operado pela Rhodia.

Materiais e Métodos

Todas as amostras foram coletadas e armazenadas em garrafas de vidro que tinham sido lavadas com pentano e ácido nítrico para remover todo resíduo orgânico e de metais pesados. As amostras aquosas foram coletadas em garrafas de 1 litro, enxaguadas três vezes com a amostra antes de serem enchidas. As garrafas foram preenchidas completamente, para assegurar a ausência de bolhas de ar. Elas foram armazenadas no frio, mantidas frias durante o transporte e imediatamente colocadas sob refrigeração na chegada ao Laboratório de Pesquisas do Greenpeace.

1. Análise de Compostos Orgânicos

Todos os solventes usados foram de Alto Grau de Pureza (PRAG ou baixo teor de halofórmio). A vidraria utilizada nos processos de extração e separação foi limpa com detergente, lavada com água de torneira e água deionizada, seca em estufa a 105°C por uma noite e enxaguada três vezes com pentano com baixo teor de halofórmio pentano.

Amostras Sólidas

As amostras sólidas foram analisadas separadamente para compostos orgânicos voláteis e compostos orgânicos passíveis de extração.

Para a análise de compostos orgânicos voláteis, nenhuma preparação da amostra foi necessária. Aproximadamente 2 g de amostra foram transferidos para uma ampola de 20 ml para a análise, descrita abaixo.

Em preparação para a análise de compostos orgânicos passíveis de extração, aproximadamente 30 g (peso úmido) foram pesados e transferidos para um frasco de vidro de 100 ml limpo. Às amostras, acrescentou-se naftaleno deuterado (d8) - um padrão interno - numa concentração de 4,7 mg/kg. 15 ml de pentano foram adicionados, seguido de 5 ml de acetona. Todas as amostras foram então submetidas a ultra-som por 2 horas.

Os extratos foram decantados, filtrados por um filtro separador de fase hidrofóbica limpo e coletados em tubos de reação. Foram então acidificados até pH 2 com ácido nítrico 10%. Em seguida, uma segunda porção de 20 ml de pentano foi adicionada e o processo de extração repetido. Finalmente, ambos os extratos obtidos para cada amostra foram juntados e evaporados até um volume de aproximadamente 3 ml. O extrato concentrado foi separado por meio de uma coluna Florisil, eluído com uma mistura de pentano:tolueno 95:5, e evaporado até um volume de 2 ml sob uma corrente de nitrogênio de grau analítico. 1-bromonaftaleno foi então adicionado para fornecer uma indicação de desempenho da Cromatografia Gasosa/Espectrometria de Massa (GC/MS).

Amostras Aquosas

As amostras aquosas foram analisadas separadamente para compostos orgânicos voláteis e compostos orgânicos passíveis de extração.

10 ml da amostra original foram transferidos para uma ampola de 20 ml para a análise de compostos orgânicos voláteis. O resto da amostra foi extraído com pentano. Antes da extração, acrescentou-se às amostras naftaleno deuterado (d8) - um padrão interno - numa concentração de 150 µg/L. 20 ml de pentano foram adicionados e a amostra agitada por 2 horas num agitador, para maximizar o contato entre o solvente e a amostra.

Após a separação das fases, o extrato do solvente foi filtrado por um filtro separador de fase hidrofóbica e coletado num tubo de reação limpo. A amostra aquosa foi acidificada até pH 2 com ácido nítrico 10%, uma segunda porção de 20 ml de pentano foi adicionada e o processo de extração repetido. O processo de separação empregado foi o descrito acima para as amostras sólidas.

Análise Cromatográfica

Os compostos orgânicos foram identificados qualitativamente por meio de Cromatografia Gasosa-Espectrometria de Massa (GC-MS).

O aparelho usado foi um cromatógrafo de gás Hewlett Packard (HP) 5890 Série II, com interface para um sistema de dados HP Chem-Station, e acoplado a um Detetor Seletivo de Massa HP 5972, operado no modo de varredura. A identificação dos compostos foi feita por comparação por computador contra uma biblioteca HP Wiley 275, contendo 275 000 espectros de massa, combinada com uma interpretação técnica.

O aparelho usado para a análise de compostos orgânicos voláteis foi um cromatógrafo de gás Hewlett Packard (HP) 5890 Série II, com um sistema de injeção da amostra HP 19395-A, com interface para um sistema de dados HP Chem-Station, e acoplado a um Detetor Seletivo de Massa HP 5970, operado no modo de varredura. Novamente, a identificação dos compostos foi feita usando uma combinação de comparação por computador (contra uma biblioteca HP Wiley 138, contendo 138 000 espectros de massa) e interpretação técnica.

Os resultados são apresentados como uma lista daqueles compostos identificados seguramente e por tentativa. Espectros que coincidem 90% ou mais com os da biblioteca são assumidos como identificações seguras; identificação por tentativa refere-se a espectros que coincidem entre 51% e 90%. Compostos analisados cujos espectros coincidem 50% ou menos são assumidos como não identificados.

2. Análise de Metais

Amostras Sólidas

As amostras foram secas em estufa até pesagem constante. Foram então homogeneizadas usando um pistilo e um almofariz e passadas por uma peneira de 2 mm, para excluir pedras e outros fragmentos grandes. Uma porção da amostra (0,5 g) foi colocada em um recipiente de Teflon para microondas de 120 ml, equipado com uma tampa de rosca e válvula para alívio de pressão. Água deionizada (10 ml), ácido clorídrico concentrado (7,5 ml) e ácido nítrico concentrado (2,5 ml) foram então adicionados ao recipiente de pressão. O recipiente foi selado e a amostra digerida em um forno de microondas (modelo MDS-2000, CEM Corp.) na potência máxima (630 watts) por 1 hora.

Deixou-se a amostra digerida esfriar até a temperatura ambiente, quando foi então filtrada e diluída a um volume final de 50 ml.

Padrões de referência (PACS-1; elementos-traço em sedimentos marinhos) e amostras em branco foram preparados em paralelo. Todas as amostras foram analisadas por ICP-AES, como descrito abaixo.

Amostras Aquosas

Na chegada, as amostras aquosas foram preservadas em ácido nítrico 5% v/v. 50 ml foram transferidos para um recipiente de Teflon para microondas de 120 ml e digeridos pelo mesmo processo e condições descritos acima. Após esfriar até a temperatura ambiente, as amostras foram filtradas para um balão volumétrico, diluídas com água deionizada até um volume de 50 ml e agitadas. Um padrão de controle de qualidade (preparado a uma concentração de 8,0 mg/L) e

uma amostra em branco foram preparados junto com a bateria de amostras. Ambos foram preparados em ácido nítrico 5% v/v.

Análise por ICP-AES

A análise foi feita por um espectrômetro de emissão atômica de plasma acoplado indutivamente (espectrômetro sequencial Varian Liberty-100). Os seguintes metais foram quantificados diretamente: cádmio (Cd), cromo (Cr), cobalto (Co), cobre (Cu), chumbo (Pb), manganês (Mn), níquel (Ni) e zinco (Zn).

Mercúrio foi determinado separadamente usando o mesmo aparelho, operando no modo de geração de vapor frio. As amostras digeridas, como descrito acima, foram colocadas para reagir com borohidreto de sódio (0,6% m/v), hidróxido de sódio (0,5% m/v) e ácido clorídrico (10 molar), para reduzir o mercúrio (II) dissolvido a vapor de mercúrio (0). O vapor de mercúrio foi arrastado para o espectrômetro em uma corrente de argônio.

Para todos os metais, a calibração foi feita por comparação com amostras de calibração com mesma matriz. Concentrações de 10 µg/L e 100 µg/L foram usadas para a análise do mercúrio; um padrão multi-elemento de 10 mg/L foi usado para todos os outros metais. Uma amostra de controle de qualidade preparada a partir de padrões de estoques diferentes também foi analisada; as concentrações foram 80 µg/L para o mercúrio e 8 mg/L para cada um dos outros metais analisados. Qualquer amostra que caísse fora da faixa de calibração era diluída e reanalisada.

Resultados e Discussão

Os resultados da análise de compostos orgânicos estão apresentados na Tabela 1. A lista de compostos seguramente identificados nas amostras é apresentada na Tabela 2.

Código da amostra	Número de compostos isolados	Núm. compostos Seguramente identificados	Núm. compostos organoclorados seguramente identificados
LA8007	27	17 (63%)	10
LA8008	45	22 (49%)	6
LA8070	15	6 (40%)	2
LA8071	17	8 (47%)	4
LA8003	32	11 (34%)	8
LA8005	8	3 (38%)	0
LA8002	22	1 (5%)	0
LA8001	5	2 (40%)	0
LA8009	3	0	0
LA8010	32	3 (9%)	0
LA8011	16	0	0

Tabela 1. Resultados da análise de compostos orgânicos para a amostra de água subterrânea LA8001; amostra de solo LA8007; amostra de sedimento de lagoa LA8008; amostras de lasca de madeira LA8070 e LA8071; amostras de sedimento do rio LA8003, LA8005, LA8002, LA8009, LA8010, LA8011.

Tanto o sedimento de lagoa LA8008 como o solo LA8007 da área de DRI da Rhodia estavam contaminados com grande número de compostos orgânicos, incluindo os persistentes organoclorados hexaclorobenzeno, pentaclorobenzeno e hexacloro-1,3-butadieno (HCBd). A amostra do solo também continha octacloroestireno, junto com uma série de diclorobenzenos, triclorobenzenos e tetraclorobenzenos. Hexaclorobenzeno e pentaclorobenzeno também foram detectados nas amostras de lascas de madeira coletadas da base de árvores na área. Nestas amostras, o hexaclorobenzeno foi o contaminante detectado em maiores concentrações. Além disso, tetracloroeteno (também conhecido como tetracloroetileno ou percloroetileno) e hexacloro-

1,3-butadieno foram identificados na amostra de lasca de madeira LA8071. É claro que esta área foi utilizada como DRI contendo substâncias organocloradas tóxicas. Os compostos citados acima tem sido freqüentemente encontrados como os principais poluentes de solos, rios e organismos aquáticos nas vizinhanças de indústrias que produzem, usam ou depositam compostos organoclorados (Amaral et al, 1996; Oxyinos et al.1995; Dthlefsen et al. 1996; ATSDR 1997). Hexaclorobenzeno e octacloroestireno têm sido encontrado no sangue de trabalhadores da indústria de fundição de alumínio (Selden et al. 1997) que utiliza o hexacloroetano para extração de gases. As características destes resíduos apresentam algumas semelhanças com as de resíduos de processos de oxicloração (ver eg Johnston et al. 1996, Stringer & Temuge 1998).

Nome do composto	Código das amostras
hexaclorobenzeno	LA8007, LA8008, LA8070, LA8071
Pentaclorobenzeno	LA8007, LA8008, LA8070, LA8071
1,2,3,4-tetraclorobenzeno	LA8007
1,2,4-triclorobenzeno	LA8007
1,2,3-triclorobenzeno	LA8007, LA8003
1,3,5-triclorobenzeno	LA8007, LA8008, LA8003
1,3-diclorobenzeno	LA8007, LA8008, LA8003
1,4-diclorobenzeno	LA8007
Clorobenzeno	LA8008
1,3-hexaclorobutadieno	LA8007, LA8008, LA8071
1-bromo-2,6-diclorobenzeno	LA8003
1-bromo-3,5-diclorobenzeno	LA8003
1-cloro-2-metilbenzeno	LA8003
Octacloroestireno	LA8007
Tetracloroetano	LA8071
4-fenil-2',4',6'-triclorofenol	LA8003
2,4,5-tribromotolueno	LA8003
Ftalatos	LA8001
Benzaldeído	LA8002
Alquilbenzenos	LA8008, LA8071
1,1-Bifenil	LA8008
Terpenos	LA8007, LA8008, LA8005
PAHs	LA8008
terc-Dodecanotiol	LA8008
Hidrocarbonetos alifáticos de cadeia normal	LA8008, LA8003, LA8070, LA8071

Tabela 2. Lista dos compostos seguramente identificados na amostra de água subterrânea LA8001; amostra de solo LA8007; amostra de sedimento de lagoa LA8008; amostras de lasca de madeira LA8070 e LA8071; amostras de sedimento do rio LA8003, LA8005, LA8002, LA8009, LA8010, LA8011.

Os resultados da análise dos metais estão apresentados na Tabela 3 abaixo. Esta tabela também incluem as concentrações típicas para sedimentos não contaminados (ver eg Salomons and Forstner 1984, Bryan and Langston 1992, Palanques 1993, Palanques et al 1995). Variações na geoquímica podem naturalmente causar em algumas áreas eventuais elevações destas concentrações. Não obstante estes valores são referências úteis.

A análise das amostras do DRI da Rhodia discutidas acima (LA8007 e LA8008) para metais pesados não detectou a presença de cádmio. Cobalto, cobre, chumbo, manganês e zinco foram encontrados dentro dos valores esperados para sedimentos não contaminados. A análise revelou concentrações de mercúrio no sedimento e no solo significativamente elevadas, acima dos níveis

esperados para solos não contaminados. No caso do sedimento da lagoa, o mercúrio foi encontrado numa concentração de 21,4 ppm, mais de 40 vezes o máximo que pode ser esperado em solos e sedimentos típicos não contaminados. A área de DRI em frente à planta da Rhodia apresentou, portanto, concentrações significativas de metais pesados e compostos organoclorados.

Núm. da amostra	Mn (ppm)	Cr (ppm)	Zn (ppm)	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Ni (ppm)	Co (ppm)	Cd (ppm)	Hg (ppm)
LA8002	307,6	38,3	74,5	16,3	15,3	19,9	10,7	n/d	1,8
LA8003	340,7	61,9	100,5	22,7	19,1	29,9	15,5	n/d	2,1
LA8005	932,0	57,5	231,5	41,0	39,5	39,5	15,5	n/d	15,6
LA8007	309,3	54,4	122,5	34,8	33,8	35,8	14,2	0,98	21,4
LA8008	273,8	40,6	93,0	22,4	23,8	26,6	17,3	n/d	3,74
LA8009	190,3	100,0	72,4	17,9	20,4	69,4	9,2	n/d	1,43
LA8011	102,4	22,8	40,8	5,8	14,1	8,7	3,4	n/d	0,97
LA8010	184,5	73,7	63,9	14,9	20,6	77,8	7,73	n/d	1,44
Normal	<1000	<50	<100	<50	<50	<50	<50	<0,5	<0,5

Tabela 3. Concentração de metais na amostra de solo LA8007 e amostras de sedimento LA8002, LA8003, LA8005, LA8008, LA8009, LA8010 e LA8011, e para um típico sedimento não contaminado.

Como descrito acima, foram coletadas três amostras de sedimentos do Rio Cubatão. A amostra LA8003 foi coletada a montante da confluência com o Rio Perequê, por isto se esperava que não fosse afetada pela contaminação da área de DRI da Rhodia. Alguns compostos organo-halogenados (clorados e bromados) foram detectados nesta amostra. Novamente, elevados níveis de mercúrio foram encontrados nesta amostra de sedimento. Os organo-halogenados identificados, incluindo bromodictorobenzeno, tribromotolueno e 4fenol-2,4,6-triclorofenol não parecem estar associados com as substâncias contidas no DRI da Rhodia, apesar da amostra LA8003 apresentar vários compostos clorados (benzenoclorados) que também foram encontrados nas amostras coletadas naquela área. É possível que estas concentrações estejam aumentadas pela contribuição de outras fontes de contaminação, apesar de não ser possível especular muito além disso com base nos dados existentes. Dada a natureza nociva destes compostos, ação urgente é necessária para determinar a extensão de contaminação no rio e localizar as fontes para impedir que mais contaminações ocorram. Além disso, pode ser necessário recuperar e conter estes sedimentos, para evitar que, com o tempo, a contaminação se espalhe mais pelo rio.

As amostras de sedimento LA8002 e LA80805, que foram coletadas a jusante da área DRI da Rhodia (adjacente à planta da Carbocloro), não mostraram significativa contaminação por compostos orgânicos. Entretanto, compostos organo-halogenados foram encontrados em concentrações traço. Ambas amostras continham um contaminante tentativamente identificado como hexaclorobenzeno, isto é, a identificação cromatográfica foi semelhante à esperada para o hexaclorobenzeno, mas este estava presente em concentrações muito baixas para permitir uma identificação confiável (com mais de 90% de certeza). A presença do hexaclorobenzeno poderia ser esperada como resultado da lixiviação da DRI da Rhodia.

Adicionalmente, um composto bromado foi identificado na amostra de sedimento LA8002, outra vez com um grau de probabilidade tentativo devido à baixa concentração deste composto. A fonte química de bromados desta amostra é desconhecida, contudo, conforme discutido acima, compostos orgânicos que contêm bromo foram também identificados (com alto grau de probabilidade) na amostra de sedimento LA8003) coletada a montante no Rio Cubatão.

Os níveis de mercúrio nestas amostras foram mais uma vez maiores que o esperado – 1,8 ppm na amostra LA8002. Um programa mais extenso de monitoramento seria desejável para a determinação da contribuição da área de DRI da Rhodia como fonte de contaminação do rio e do meio ambiente ao redor. A amostra de sedimento LA8005 coletada na margem do Rio Cubatão a jusante da planta da Rhodia e em frente à Carbocloro, mostrou uma elevação substancial dos níveis de mercúrio (15,6 ppm), acima do nível normal. A fonte deste mercúrio

permanece indeterminada, embora a possibilidade destes valores serem resultado de resíduos da produção de cloro em células de mercúrio da Carbocloro deva ser investigada mais detalhadamente.

Sabe-se que esta parte do rio estava sendo dragada na época da amostragem. Neste caso, o material dragado poderia atuar como uma fonte significativa de mercúrio volátil para a atmosfera, assim como para a água, através da resuspensão do sedimento contaminado. Isto também se aplica para a contaminação orgânica discutida acima. O destino final deste material dragado deveria ser atentamente monitorado.

Além da área utilizada como DRI às margens do Rio Perequê, a Rhodia também possui aterros que estão localizados às margens do Rio Branco no Bairro do Quarentenário, município de São Vicente. Nenhuma das três amostras de sedimento (LA8009, LA8010 e LA8011) coletadas em cursos d'água próximos a este aterro continha contaminantes orgânicos de particular importância. Contudo, todas as três continham concentrações de cromo, níquel e mercúrio que estavam ligeiramente acima do que seria esperado como valores máximos em sedimentos não contaminados. É possível, portanto, que resíduos contidos no local do aterro estejam atuando como fontes significativas de contaminação de metais pesados para o rio.

Finalmente, a amostra de água LA8001, coletada de um poço particular na área residencial do bairro Quarentenário, continha uma quantidade de compostos orgânicos, incluindo os ésteres ftalatos diisobutilftalato e di-n-butilftalato. Enquanto as fontes destes contaminantes (usados como plastificantes em produtos de PVC, como base para tintas de impressão e em numerosos outros produtos industriais) não puderam ser determinadas, a possibilidade de que tenham sido introduzidos na água subterrânea como contaminantes na lixívia do aterro próximo deveria ser investigada.

Referências

- Amaral, O.C., Otero, R., Grimalt, J.O. & Albaiges, J. (1996) Volatile and semi-volatile organochlorine compounds in tap and riverine waters in the area of influence of a chlorinated organic solvent factory. *Water Research* 30(8): 1876-1884.
- ATSDR (1997) Toxicological Profiles. Agency for Toxic Substances and Disease Registry, U.S. Public Health Service (CD-ROM).
- Bryan, G.W. & Langston, W.J. (1992) Bioavailability, accumulation and effects of heavy metals in sediments with special reference to United Kingdom estuaries: a review. *Environmental Pollution* 76:89-131.
- Dethlefsen, V., Soffker, K., Buther, H. & Damm, U. (1996) Organochlorine compounds in marine organisms from the international North Sea incineration area. *Archive of Fishery and Marine Research*, 44(3):215-242.
- Johnston, P.A., Stringer, R.L., Clayton, R. & Swindlehurst, R.J. (1996) Regulation of toxic chemicals in the North Sea: the lead for an adequate control strategy. IN: Scientific Symposium on the North Sea Quality Status Report 1993, 18-21 April 1994, Ebeltoft, Denmark: Proceedings. Anderson, J., Karup, H. & Nielsen, U.B., Eds. Publ: Ministry of Environment and Energy, Danish Environmental Protection Agency; pp267-274.
- Kemi (1994) Phthalic acid esters used as plastic additives. Publ: Swedish National Chemicals Inspectorate; report 12/94, ISSN 0248-1185.
- Oxyinos, K., Schramm, K.W., Marth, P. & Schmitzer, J. (1995) Chlorinated hydrocarbons (CHC) and PCDD/F-levels in sediments and breams (*Abramis-Brama*) from the river Elbe (contribution to the German environmental specimen banking). *Fresenius Journal of Analytical Chemistry* 353(1):98-100.

Palanques,A.(1993) Distribution and heavy metal pollution of the suspended particulate matter on the Barcelona continental shelf (North-Western Mediterranean). *Environmental Pollution* 85: 205-215.

Palanques,A.,Diaz,J.I. & Farran,M (1995) Contamination of heavy metals in the suspended and surface sediment of the Gulf of Cadiz (Spain): the role of sources, currents, pathways and sinks. *Oceanologica Acta* 18(4):469-477.

Salomons,W. & Forstner,U. (1984) *Metals in the hydrosphere*. ISBN 3-540-12755-0, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo, 349pp.

Selden,A.I., Nygren,Y., Westberg,H.B. & Bodin,L.S. (1997) Hexachlorobenzene and octachlorostyrene in plasma of aluminium foundry workers using hexachloroethane for degassing. *Occupational and Environmental Medicine* 54(8):613-618.

Stringer,R. & Temuge,T. (1998) *The dark side of Petkin: PVC*. Publ: Greenpeace Mediterranean, 31pp.

ANEXO: BREVE PERFIL TOXICOLÓGICO E DE REGULAMENTAÇÃO DE ALGUNS DOS PRINCIPAIS COMPOSTOS ORGÂNICOS IDENTIFICADOS

1. HEXACLOROBENZENO

Hexaclorobenzeno (HCB) é um produto químico fabricado, que era usado na preservação de madeira, como fungicida no tratamento de sementes e como intermediário em sínteses orgânicas (Budavari *et al.*, 1989). Além disso, hexaclorobenzeno pode ser formado como um subproduto indesejável na síntese de outros compostos organoclorados. Este composto é altamente persistente e bioacumulativo. Uma vez introduzido no meio ambiente, HCB é fortemente absorvido pelo solo e praticamente nenhuma dessorção ocorre (Bahnick & Doucette, 1988). HCB pode ser transportado por longas distâncias através do ar, aderido às partículas do solo. Se HCB tiver sido descarregado diretamente no rio ou no mar junto com efluentes industriais, ele se distribui em organismos aquáticos, particularmente peixes com alto conteúdo de lipídios (Pastor *et al.*, 1996; Lee *et al.*, 1997). Tem sido detectado em amostras do meio ambiente e em organismos vivos de todo o mundo, e é reconhecido como um poluente global (US EPA, 1989; Mes *et al.*, 1990; Kovats *et al.*, 1993; Struger *et al.*, 1993; Weseloh *et al.*, 1995).

HCB é altamente tóxico para a vida aquática, plantas e animais terrestres e seres humanos. É classificado pela IARC como um carcinogênico do Grupo 2B, ou seja, possível carcinogênico para os seres humanos (IARC, 1987). Hexaclorobenzeno pode causar danos para o feto em desenvolvimento, fígado, sistema imunológico (aumentando o risco de infecção), tireóide e rins. Uma exposição elevada ou repetida pode causar danos para o sistema nervoso e causar irritabilidade, dificuldade para andar e de coordenação, fraqueza muscular, tremor e/ou uma sensação de formigamento na pele. Exposição repetida, especialmente quando ocorrem consequências para a pele, pode levar a alterações de pele permanentes, tais como mudanças na pigmentação, pele esticada e grossa, enrugamento fácil, cicatrizes, pele quebradiça e aumento no crescimento de pelos, especialmente na face e antebraços (ATSDR, 1997; US EPA, 1989). Pesquisa recente (van Birgelen, 1988) sugere que HCB tem toxicidade semelhante à dioxina e que mais estudos epidemiológicos deveriam ser realizados, especialmente relativos a bebês alimentados com leite materno em países com níveis de exposição de HCB.

Devido à persistência do HCB no meio ambiente e à sua toxicidade, este composto é um produto químicos regulamentado. É incluído na Lista 1 da Norma do Conselho da Comunidade Européia 76/464/EEC, sobre poluição causada por certas substâncias perigosas descarregadas no meio

ambiente aquático. É, além disso, incluído no Anexo 2 da Norma do Conselho da Comunidade Européia 86/280/EEC, no qual são estabelecidas providências especiais e objetivos de qualidade para descarga de certas substâncias perigosas incluídas na Lista 1 do Anexo à Norma 76/464/EEC. Providências para HCB também são descritas nas Normas 83/101/EEC (Protocolo para a Proteção do Mar Mediterrâneo contra poluição proveniente de fontes situadas no continente) e 78/319/EEC (sobre resíduos tóxicos e perigosos).

HCB também está incluído na lista de substâncias prioritariamente nocivas, acordada pelas Terceira e Quarta Conferências do Mar do Norte (MINDEC 1990, 1995), onde a redução contínua de todas as substâncias nocivas foi acertada com o objetivo último de reduzir a concentração de substâncias nocivas no meio ambiente para próximo dos níveis normais (substâncias sintéticas para nível zero) dentro dos próximos 25 anos.

O Encontro Ministerial de 1998 da Comissão da OSPAR (OSPAR 1998a) reforçou estes objetivos. HCB foi selecionado e incluído na Lista de Substâncias Candidatas de 1998 da OSPAR, Anexo 3 da Estratégia da OSPAR com Respeito a Substâncias Nocivas (OSPAR 1998b).

HCB é um dos doze poluentes orgânicos persistentes (POPs) prioritários, pretendido para uma ação global pelo Conselho Dirigente do Programa Ambiental das Nações Unidas (UNEP). Pretende-se que HCB seja eliminado no mundo inteiro, num acordo que está sendo atualmente redigido (UNEP 1995, 1997). Além disso, HCB está incluído no Anexo I do Projeto para o Protocolo sobre Poluentes Orgânicos Persistentes da UNECE, no Acordo sobre Poluição do Ar de Longo Alcance (LRTAP, UNECE 1998). Assim, os países europeus serão obrigados a tomar medidas efetivas para eliminar a produção e o uso deste composto, mesmo como subproduto involuntário.

Referências

76/464/EEC. European Community Environment Legislation, Volume 7: Water. Council Decision of 4 May 1976 on pollution caused by certain dangerous substances discharged into the aquatic environment of the Community.

78/319/EEC. European Community Environment Legislation, Volume 6: Waste. Council Decision of 20 March on toxic and dangerous waste.

83/101/EEC. European Community Environment Legislation, Volume 7: Water. Council Decision of 28 February 1983 concluding the Protocol for the protection of the Mediterranean Sea against pollution from land-based sources.

86/280/EEC. European Community Environment Legislation, Volume 7: Water. Council Directive of 12 June 1986 on limit values and quality objectives for discharges of certain dangerous substances included in List 1 of the Annex to Directive 76/464/EEC.

ATSDR (1997). Toxicological Profiles. Agency for Toxic Substances and Disease Registry, U.S. Public Health Service (CD-ROM).

Bahnich, D. A. & Doucette, W. J. (1998). Use of molecular connectivity indices to estimate soil sorption coefficients for organic chemicals. *Chemosphere* 17: 1703-1715.

Van Birgelen, A. P. J. M. (1998). Hexachlorobenzene as a possible major contributor to the dioxin activity of human milk. *Environmental Health Perspectives*, 106(11): 683-688.

IARC (1987). Hexachlorobenzene [118-74-1]. IARC Monographs Vol. 20, Suppl. 7.

Kovats, Z. E., Ciborowski, J. J. H. (1993). Organochlorine contaminant concentration in caddisfly adults (*Trichoptera*) collected from Great Lake connection channels. *Environmental Monitoring and Assessment*, 27: 135-158

- Lee, J. S., Tanabe, S., Takemoto, N., Kubodera, T. (1997). Organochlorine residues in deep-sea organisms from Suruga Bay, Japan. *Marine Pollution Bulletin*, 34(4): 250-258.
- Mes, J., Marchand, L., Davies, D. J. (1990). Organochlorine residues in adipose tissues of Canadians. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 45: 681-688.
- MINDEC (1990). Final Declaration of the Third Ministerial Conference on the Protection of the North Sea. Ministry of Transport Conference on the Protection of the North Sea. Ministry of Transport and Public Works, The Hague.
- MINDEC (1995). Ministerial Declaration of the Fourth International Conference on the Protection of the North Sea. 8-9 June 1995, Esbjerg, Denmark.
- OSPAR (1998a). OSPAR Convention for the Protection of the Marine Environment of the North-East Atlantic. Sintra Statement, Ministerial Meeting of the OSPAR Commission, Sintra 22-23 July 1998.
- OSPAR (1998b). OSPAR Convention for the Protection of the Marine Environment of the North-East Atlantic. OSPAR Strategy with regard to Hazardous Substances, Reference no. 1998-16, OSPAR 1998/14/1/Annex 34, Ministerial Meeting of the OSPAR Commission, Sintra 22-23 July 1998.
- Pastor, D., Boix, J., Fernandez, V., Albaiges, J. (1996). Bioaccumulation of organochlorinated contaminants in three estuarine fish species (*Mullus barbatus*, *Mugil cephalus* and *Dicentrarchus labrax*). *Marine Pollution Bulletin*, 32(3): 257-262.
- Struger, J., Elliot, J. E., Bishop, C. A., Obbard, M. E., Norstrom, R. J., Weseloh, D. V., Simon, M., Ng, P. (1993). Environmental contaminants in eggs of the common snapping turtle (*Chelydra serpentina serpentina*) from the Great Lakes-St. Lawrence River basin of Ontario, Canada (1981, 1984). *Journal of Great Lakes Research*, 19(4): 681-694.
- UNECE (1998). Draft Protocol to the Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution on Persistent Organic Pollutants. United Nations Economic Commission for Europe, 31st March 1998.
- UNEP (1995). Decision 18/32 of the UNEP Governing Council: Persistent Organic Pollutants. UNEP Governing Council, 25th May 1995.
- UNEP (1997). Decisions adopted by the Governing Council at its nineteenth session: 13c. International action to protect human health and the environment through measures which will reduce and/or eliminate emissions and discharges of persistent organic pollutants, including the development of an international legally binding instrument. UNEP Governing Council, 7th February 1997.
- US EPA (1989). EPA Factsheets for Regulated Chemicals. Hexachlorobenzene. Washington, DC.
- Weseloh, D. V., Hamr, P., Bishop, C. A. (1995). Organochlorine contaminants levels in waterbird species from Hamilton Harbour, Lake Ontario: an IJC area of concern. *Journal of Great Lakes Research*, 21(1): 121-137.

2. HEXACLORO-1,3-BUTADIENO

Hexacloro-1,3-butadieno (HCBD) não é encontrado naturalmente no meio ambiente. HCBD é fabricado comercialmente e conhecido também como subproduto da fabricação de hidrocarbonetos clorados, particularmente na produção de PVC e na oxidação secundária de resíduos de EDC na fabricação de solventes (ATSDR, 1992; US EPA, 1986; Johnston *et al.*,

1994). Também é descrito como contaminante em formulações técnicas de pentaclorofenol, amplamente usado na preservação de madeira (Goodrichmahoney *et al.*, 1993).

Historicamente, tem sido usado como solvente para elastômeros; líquido de transferência de calor; fluido hidráulico e de transformador; para purificar soluções, removendo hidrocarbonetos de 4 carbonos e superiores; solvente para borracha natural, sintética e outros polímeros; pesticida; inseticida; herbicida; algicida; intermediário químico; recuperação de fluido de cloro para giroscópios; recuperação de cloro do gás "sniff" em fábricas de cloro; e intermediário na fabricação de compostos de borracha e lubrificantes.

Hexaclorobutadieno é um composto tóxico. Efeitos tóxicos agudos podem incluir a morte de animais, aves ou peixes, e a morte ou baixa taxa de crescimento em plantas. Efeitos agudos são observados de dois a quatro dias após os animais ou plantas entrarem em contato com uma substância química tóxica (US EPA, 1986). Efeitos tóxicos crônicos podem incluir redução de expectativa de vida, problemas reprodutivos, menor fertilidade e alterações na aparência ou no comportamento. Efeitos crônicos podem ser observados por muito tempo após a primeira exposição a um produto químico tóxico. Hexaclorobutadieno tem toxicidade aguda e crônica alta para a vida aquática (US EPA, 1986).

Hexaclorobutadieno (HCBd) é um potente intoxicante de rim em ratos, causando danos aos túbulos proximais (Pahler *et al.*, 1997; Rosner *et al.*, 1998; Werner *et al.*, 1995; Nakagawa *et al.*, 1998). Um estudo em animais encontrou tumores no rim em ratos expostos a baixos níveis de hexaclorobutadieno (US EPA, 1986); estudos em coelhos encontraram danos no rim e fígado por causa do contato com o produto químico sobre a pele por um curto período de tempo.

Tem sido determinado como um possível carcinogênico para seres humanos (US EPA, 1986; Lewis & Tatken, 1989; Bretherick, 1986; American Conference of Governmental Industrial Hygienists, 1988). Se ingerido, HCBd concentra-se no rim, interfere com processos fundamentais de respiração celular e pode, como resultado da conjugação com outros compostos no corpo, reagir com o DNA, resultando em morte da célula ou desenvolvimento de tumores (ATSRD, 1992). Exposição por períodos curtos e longos a doses muito baixas via alimento causou danos no rim e no fígado em animais de laboratório, com mais risco para os jovens que para os adultos.

Os sintomas da exposição a altos níveis deste composto podem incluir irritação da pele, olhos, membranas mucosas e pulmões; danos ao fígado e rins; e consequências para o sistema nervoso central (Deisbach, 1983). Pode causar corrosão (Aldrich Chemical Company, 1988). Outros sintomas podem incluir hipotensão, doença cardíaca, bronquite crônica, distúrbio do funcionamento dos nervos e hepatite crônica (World Health Organization, 1989).

Referências

ATSDR (1992). Toxicological profile for hexachlorobutadiene. Atlanta, GA; U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service.

Aldrich Chemical Company (1988). Aldrich Catalog/Handbook of Fine Chemical. Aldrich Chemical Co., Inc. Milwaukee, WI, p. 799.

American Conference of Governmental Industrial Hygienists (1988). Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices for 1988-1989. American Conference of Governmental Industrial Hygienists. Cincinnati, OH. 1988, p. 22.

Bretherick, L., Ed. (1986). Hazards in the Chemical Laboratory. 4th Ed. The Royal Society of Chemistry, London, p. 351.

Dreisbach, R. H. (1983). Handbook of Poisoning: Prevention, Diagnosis and Treatment. 11th Ed. Lange Medical Publications. Los Altos, CA. p. 179.

- Goodrichmahoney, J. W., Murarka, I. P., Hocombe, L. J., Horn, M. E. (1993). Pentachlorophenol-treated wood poles and crossarms - toxicity characteristic leaching procedure (tel) resusts. *Environment International* 19(6): 535-542.
- Johnston, P. A., Stringer, R. L., Clayton, R. and Swindlehurst, R. J. (1994). Regulation of toxic chemicals in the North Sea: The need for an adequate control strategy. *North Sea Monitor*, June 1994: 9-16.
- Lewis, R. J., Sr. and Tatken, R. L., Eds. (1989). *Registry of Toxic Effects of Chemical Substances*. On-line Ed. National Institute for Occupational Safety and Health. Cincinnati, OH. EJ0700000. February 3, 1989.
- Nakagawa, Y., Kitahori, Y., Cho, M., Konishi, N., Tsumatani, K., Ozono, S., Okajima, E., Hirao, Y., Hiasa, Y. (1998). Effect of hexachloro-1,3-butadiene on renal carcinogenesis in male rats pretreated with N-ethyl-N-hydroxyethylnitrosamine. *Toxicologic Pathology*, 1998, Vol. 26, No. 3, pp. 361-366.
- Pahler, A., Birner, G., Ott, M. M., Dekant, W. (1997). Binding of hexachlorobutadiene to alpha(2u)-globulin and its role in nephrotoxicity in rats. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 1997, Vol. 147, No. 2, pp. 372-380.
- Rosner, E., Muller, M., Dekant, W. (1998). Stereo- and regioselective conjugation of S-halovinyl mercapturic acid sulfoxides by glutathione S-transferases. *Chemical Research in Toxicology*, Vol. 11, No. 1, pp.12-18.
- US Environmental Protection Agency (1986). Factsheets for regulated chemicals: Hexachlorobutadiene. Office of Environmental Health Hazard Assessment.
- World Health Organization (1989). IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risk of Chemicals to Man. International Agency for Researchs on Cancer. Geneva. Vol. 20, pp. 179-193.
- Werner, M., Birner, G. and Dekant, W. (1995). The role of cytochrome p4503a1/2 in the sex-specific sulfoxidation of the hexachlorobutadiene metabolite, n-acetyl-s-(pentachlorobutadienyl)-1-cysteine in rats. *Drug Metabolism and Disposition* 23(8): 861-868.

3. BENZENOCORADOS

Diclorobenzenos são potentes toxinas para o fígado e, em menor extensão, para o rim (Valentovic *et al.*, 1993). Sua toxicidade depende do isômero, sendo o 1,2-diclorobenzeno (orto-DCB) geralmente descrito como mais tóxico para ratos de laboratório do que os isômeros substituídos 1,3- (meta-) e 1,4- (para-) (Valentovic *et al.*, 1993; Umemura *et al.*, 1996). A toxicidade também varia entre os organismos, com grandes diferenças na extensão dos danos ao fígado, para uma determinada dose, mesmo entre diferentes espécies de rato (Kulkarni *et al.*, 1996). 1,4-diclorobenzeno (p-DCB) é classificado como carcinogênico para animais (ATSDR, 1989; Umemura *et al.*, 1992; Bornatowicz *et al.*, 1994). Semelhantemente, 1,2-DCB (o-DCB) foi classificado como "possivelmente carcinogênico para seres humanos" no Ato de Proteção Ambiental Canadense (Meek *et al.*, 1994). Exposição aguda alta aos diclorobenzenos pode causar depressão do sistema nervoso central (Merck, 1989).

A principal fonte de emissão de o-DCB para a atmosfera tem sido as aplicações como solvente, que podem emitir 25% da produção anual para a atmosfera. O uso de m-DCB como fumigante irá liberá-lo diretamente para a atmosfera. A principal fonte de emissão de pDCB para a atmosfera é sua volatilização devido ao uso em desodorizantes de vaso sanitário, desodorizantes de lixo e como anti-traça. Vale a pena notar que a principal aplicação de dois destes compostos é baseada em sua toxicidade. Diclorobenzenos também têm sido usados como solventes para

ceras, gomas, resinas, alcatrão, borrachas, óleos e asfalto; como fumigantes, inseticidas e agentes desengordurantes para metais, couro e lã; como ingrediente de polidores de metal; e como intermediários na fabricação de corantes.

Se liberados no solo, o-DCB, m-DCB e p-DCB podem ser de moderada a fortemente absorvidos. Lixiviação de áreas de depósitos de resíduos nocivos tem ocorrido, e a detecção de o-, p- e m-DCB em várias águas subterrâneas indica que a lixiviação pode ocorrer. Orto-DCB foi descrito como um indicador conveniente da extensão da contaminação para descargas de esgoto não tratadas (Chapman *et al.*, 1996). Os diclorobenzenos estão incluídos no Anexo 1D da declaração Ministerial, indicando que devem ser considerados para priorização no futuro.

Triclorobenzenos causam efeitos tóxicos semelhantes numa série de organismos aquáticos e terrestres. Além de sua persistência no meio ambiente, di- e tri-clorobenzenos têm uma alta tendência de bioacumulação, com fatores de bioconcentração para invertebrados, peixes e mamíferos na faixa de 100 a 10 000 (IUCLID, 1996). Diclorobenzenos são compostos relativamente voláteis, uma propriedade que tem levado ao seu uso como repelentes de traça (Mizutani *et al.*, 1994). Inalação deve, portanto, ser considerada como uma potencial rota de entrada para o corpo em seres humanos e animais expostos a efluentes e sedimentos contaminados.

Referências

ATSDR (1989). Toxicological profile for 1,4-dichlorobenzene. Agency for Toxic Substances and Disease Registry, U.S. Public Health Service: 95 p.

Bornatowicz, N., Antes, A., Winker, N., Hofer, H. (1994). 2-generation reproduction toxicity study with 1,4-dichlorobenzene in rats. *Wiener Klinische Wochenschrift*, Vol. 106, No. 11, pp. 345-353.

Chapman, P. M., Downie, J., Maynard, A., Taylor, L. A. (1996). Coal and deodorizer residues in marine-sediments - contaminants or pollutants. *Environmental Toxicology and Chemistry*, Vol. 15, No. 5, pp. 638-642.

Howard Philip H. (1989). Handbook of environmental fate and exposure for organic chemicals. Volume I: Large production and priority pollutants. Lewis Publishers, Inc., USA, 574 p.

IUCLID (1996). European Commission Database on Existing Chemicals (CD-ROM).

Kulkarni, S. G., Dung, H., Gomila, R. and Mehendale, M. (1996). Strain differences in tissue-repair response to 1,2-dichlorobenzene. *Archives of Toxicology* 70(11): 714-723.

Meek, M. E., Giddings, M., Gomes, R. (1994). 1,4-dichlorobenzene - evaluation of risks to health from environmental exposure in Canada. *Environmental carcinogenesis & ecotoxicology reviews - Part C of Journal of Environmental Sciences and Health*, Vol. 12, No. 2, pp. 277-285.

Merck (1989). The Merck index: an encyclopaedia of chemicals, drugs and biologicals. 11th Edn. Budavari, S. M., O'Neil, J., Smith, A. and Heckleman, P. E. [Eds]. Merck and Co, Inc., New Jersey, USA, 1606 p.

MINDEC (1990). Final declaration of the Third Ministerial Conference on the Protection of the North Sea. Ministry of Transport and Public Works, The Hague, 36 pp.

Mizutani, T., Nakahori, Y. and Yamamoto, K. (1994). p-dichlorobenzene-induced hepatotoxicity in mice depleted of glutathione by treatment with buthionine sulfoximine. *Toxicology* 94(1-3): 57-67.

Umemura, T., Tokumo, K. and Williams, G. M. (1992). Cell-proliferation induced in the kidneys and livers of rats and mice by short-term exposure to the carcinogen p-dichlorobenzene. *Archives of Toxicology* 66(7): 503-507.

Umemura, T., Saito, M., Takagi, A. and Kurokawa, Y. (1996). Isomer-specific acute toxicity and cell-proliferation in livers of B6G3F1 mice exposed to dichlorobenzene. *Toxicology and Applied Pharmacology* 137(2): 268-274.

US Environmental Protection Agency (1988). Factsheets for regulated chemicals: 1,2-dichlorobenzene. Office of Environmental Health Hazards Assessment.

Valentovic, M. A., Ball, J. G., Anestis, D. and Madan, E. (1993). Acute hepatic and renal toxicity of dichlorobenzene isomers in Fischer-344 rats. *Journal of Applied Toxicology* 13(1): 1-7.

4. DIISOBUTILFTALATO E DI-n-BUTILFTALATO

Ésteres ftalatos, mais conhecidos como ftalatos, são usados como plastificantes ou como outros aditivos em praticamente todos os principais tipos de indústria, incluindo de construção, automotiva, produtos domésticos, vestuário, brinquedos, embalagem e produtos médicos (Kemi, 1994). Dentro destes setores, 90% é usado na produção de PVC flexível. Há 10 ou 15 anos atrás, os dois ftalatos mais produzidos eram o dietilhexilftalato (DEHP) e o dibutilftalato (DBP) (Menzert & Nelson, 1986). Pesquisas mais recentes sugerem um mercado significativo substituindo estes ftalatos por ftalatos isoméricos e de cadeias maiores em um grande número de produtos (e.g., Stringer *et al.*, 1997).

Ftalatos são persistentes no meio ambiente e são os mais abundantes produtos químicos feitos pelo homem no meio ambiente (Jobling *et al.*, 1995). Eles também podem bioacumular em certo grau, predominantemente vindos de alimentos.

Os ftalatos exibem uma enorme gama de efeitos em animais de laboratório. O resumo abaixo ilustra o alcance dos problemas toxicológicos associados com estes dois isômeros do dibutilftalato.

- Efeitos no fígado (Chan & Meek, 1994; Life Systems, Inc. 1990).
- Efeitos no rim (Chan & Meek, 1994; Life Systems, Inc. 1990).
- Danos ao sistema reprodutivo masculino e feminino (Sucesso na reprodução pode ser prejudicado por DBP) (Chan & Meek, 1994; Ema *et al.*, 1995; Life Systems, Inc. 1990; Wine *et al.*, 1997).
- Teratogenicidade (malformação da prole) (Chan & Meek, 1994; Ema *et al.*, 1993; Ema *et al.*, 1995).
- Há alguma evidência dos impactos do DBP na produção de esperma (Life Systems, Inc. 1990; Wine *et al.*, 1997)
- Alguns ftalatos, incluindo DBP (Jobling *et al.*, 1995) são reconhecidos como capazes de se ligar ao receptor de estrógeno dos seres humanos, que podem manifestar fraca atividade estrogênica.
- Descobriu-se que um grupo de ftalatos, incluindo o dibutilftalato, apresenta toxicidade aguda (Adams *et al.*, 1995) e crônica (Rhodes *et al.*, 1995) para representantes de espécies marinhas e de água doce, embora a toxicidade possa ter sido limitada a um certo grau pela pequena solubilidade em água destes compostos. Houve uma tendência geral para os ftalatos de menor massa molecular (com cadeias alquílicas de 1 a 4 carbonos) tornarem-se mais tóxicos com a diminuição da solubilidade em água, para todas as espécies testadas.

Por causa de sua conhecida toxicidade e distribuição difundida, dois ftalatos, incluindo o dibutilftalato, estão incluídos na Lista de Produtos Químicos para Ação Prioritária da OSPAR (Anexo 2 para a Estratégia da OSPAR com Respeito a Substâncias Nocivas, OSPAR 1998).

Referências

- Adam, W. J., Biddinger, G. R., Robillard, K. A., Gorsuch, J. W. (1995). A summary of the acute toxicity of 14 phthalate esters to representative aquatic organisms. *Environmental toxicology and chemistry*, Vol. 14, No. 9, pp. 1569-1574.
- Chan, P. K. L. and Meek, M. E. (1994). Di-n-butyl phthalate: Evaluation of risks to health from environmental exposure in Canada. *Environ. Carcin. & Ecotox. Revs.* C12(2): 257-268.
- Ema, M., Itami, T. & Kawasaki, H. (1993). Teratogenic phase specificity of butyl benzyl phthalate in rats. *Toxicology* 79: 11-19.
- Ema, M., Kurosaka, R., Amano, H. & Ogawa, Y. (1995). Comparative developmental toxicity of n-butyl benzyl phthalate and di-n-butyl phthalate in rats. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 28: 223-228.
- Jobling, S., Reynolds, T., White, R., Parker, M. G. & Sumpter, J. P. (1995). A variety of environmentally persistent chemicals, including some phthalate plasticizers, are weakly estrogenic. *Environmental Health Perspectives* 103(6): 582-587.
- Kemi (1994). Phthalic acid esters used as plastic additives. Publ: Swedish National Chemicals Inspectorate; report 12/94, ISSN 0248-1185.
- Life Systems, Inc. (1990). Di-n-butylphthalate. Publ: US DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES. Public Health Service Agency for Toxic Substances and Disease Registry.
- Menzert, R. E. & Nelson, J. O. (1986). Water and soil pollutants. In *Toxicology: the basic science of poison*. Klaasen, C. D., Ambur, M. O. and Doull, J. [Eds], MacMillan Publishing Co., New York: 825-856.
- OSPAR (1998). OSPAR Strategy with Regard to Hazardous Substances. OSPAR 98/14/1 Annex 34, OSPAR Convention for the Protection of the Marine Environment of the North-East Atlantic.
- Rhodes, J. E., Adams, W. J., Biddinger, G. R., Robillard, K. A., Gorsuch, J. W. (1995). Chronic toxicity of 14 phthalate esters to *Daphnia-Magna* and Rainbow-Trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Environmental toxicology and chemistry*, Vol. 14, No. 11, pp. 1967-1976.
- Stringer, R. L., Labounskaia, I. Ph., Santillo, D., Johnston, P. A., Siddorn, J. & Stephenson, A. (1997). Determination of the composition and quantity of phthalate ester additives in PVC children's toys. Greenpeace Research Laboratories Technical Note 06/97.
- Wine, R. N., Li, L. H., Barnes, L. H., Gulati, D. K. & Chapin, R. E. (1997). Reproductive toxicity of di-n-butylphthalate in a continuous breeding protocol in Sprague-Dawley rats. *Environ. Health Persp.* 105(1): 102-107.