

Dioxinas, Furanos e dl-PCBs

Identificação da substância

Fórmula química geral: $C_{12}H_{(8-n)}Cl_nO_2$ (Dioxinas); $C_{12}H_{(8-n)}Cl_nO$ (Furanos), (onde n= 1 a 8)

Nº CAS e sinônimos (exemplos relevantes):

2,3,7,8-TCDD (2,3,7,8-tetraclorodibenzo-*p*-dioxina); TCDD; Tetraclorodibenzodioxina; $C_{12}H_4Cl_4O_2$; nº CAS 1746-01-6

2,3,4,7,8-PeCDF (2,3,4,7,8-pentaclorodibenzofurano); PCDF; Dibenzofurano; $C_{12}H_3Cl_5O$; nº CAS 57117-31-4

PCB 126 (3,3',4,4',5-pentaclorobifenila); $C_{12}H_5Cl_5$; nº CAS 57465-28-8

Descrição e usos

Dioxinas, Furanos e dl-PCBs (do inglês, *dioxin like-polychlorinated biphenyls*) são nomes abreviados para famílias de substâncias químicas orgânicas que compartilham características químicas e toxicológicas semelhantes. São 75 diferentes tipos (congêneres) de dioxinas ou dibenzo-*p*-dioxinas cloradas (do inglês CDD, *Chlorinated Dibenzo-p-Dioxins*) e 135 diferentes congêneres de furanos ou dibenzofuranos clorados (do inglês CDF, *Chlorinated Dibenzo-Furans*). Entre os 209 congêneres de bifenilas policloradas (consultar FIT PCBs para mais informações), 12 apresentam estrutura e efeitos tóxicos semelhantes aos das dioxinas, sendo denominadas dl-PCBs (os congêneres de números 77, 81, 105, 114, 118, 123, 126, 156, 157, 167, 169 e 189). São poluentes orgânicos persistentes (POPs), o que significa dizer que são tóxicos, bioacumulam nas cadeias tróficas, podem ser transportados a longas distâncias e não são facilmente degradados. Fazem parte da primeira lista de doze POPs da Convenção de Estocolmo sobre Poluentes Orgânicos Persistentes (2004), tratado internacional da qual o Brasil é signatário desde 2005. O congênere 2,3,7,8-tetraclorodibenzo-*p*-dioxina ou 2,3,7,8-TCDD é um dos mais tóxicos para mamíferos, por isso utilizado como referência para o grau de toxicidade em relação a todos os demais congêneres (expressa em Toxicidade Equivalente - TEQ).

Dioxinas e furanos foram descobertos por sua presença no ambiente, decorrentes da sua liberação não intencional em uma gama de processos industriais e, em menor grau, de processos naturais, como incêndios florestais e erupções vulcânicas. No entanto, esses compostos não têm nenhum uso. São sintetizadas em laboratório apenas para utilização como material de referência analítico.

Comportamento no ambiente

Por serem persistentes, dioxinas e furanos estão amplamente distribuídos no ambiente. Podem ser encontrados no ar, no sedimento e no solo e, em menor grau, na água. São liberados para a atmosfera a partir de fontes fixas, como as atividades industriais, principalmente a partir da combustão incompleta. No passado as principais fontes não intencionais de dioxinas provinham, principalmente, do processo de branqueamento (uso de cloro) nas indústrias de papel e celulose; indústrias químicas (organoclorados) e de agrotóxicos. Já foram encontrados como contaminantes em rações, herbicidas e fertilizantes. Atualmente, são gerados como subprodutos não desejáveis de determinados processos industriais e em processos térmicos, como a queima de resíduos sólidos urbanos, hospitalares e industriais em incineradores mal operados; a queima de certos combustíveis em caldeiras e fornos; queima de lixo a céu aberto; uso de fogões a lenha e lareiras e emissões veiculares.

A distribuição desses compostos no ambiente ocorre principalmente pelo ar, na forma de vapor ou aderidos ao material particulado. Na fase gasosa, os processos de remoção incluem degradação química e fotoquímica e a remoção pelas chuvas, nesse caso ocasionando parcela de migração para o solo, reservatórios ou cursos d'água. São substâncias extremamente resistentes à oxidação química e à hidrólise. A fotodegradação e transformação microbiana são, provavelmente, as vias de degradação mais importantes em águas superficiais e sedimentos. Em solos e sedimentos, esses compostos são fortemente adsorvidos às partículas e apresentam baixa mobilidade, podendo permanecer no solo por 10 a 12 anos. A mobilidade pode ser aumentada pela presença simultânea de solventes, como óleo mineral ou combustíveis fósseis, acarretando a lixiviação de parcela para as águas subterrâneas e o carreamento para águas superficiais. Essas substâncias podem também bioacumular e biomagnificar na cadeia trófica, o que ocasiona sua presença em animais terrestres e pássaros, peixes e, conseqüentemente no corpo humano.

Exposição humana e efeitos na saúde

Os congêneres das três famílias (Dioxinas, Furanos e dl-PCBs) apresentam diferentes efeitos adversos à saúde, dependendo do número e posição do átomo de cloro na cadeia. A exposição humana a esses compostos resulta principalmente de sua transferência ao longo do caminho: emissão atmosférica → ar → deposição → cadeia alimentar aquática/terrestre → dieta. Alimentos gordurosos de origem animal, como peixes, leite, ovos e carnes são as principais fontes de exposição e podem representar até mais de 90% do total de ingresso de dioxinas e furanos para uma população geral.

A inalação é outra via de ingresso que pode ocorrer quando há formação de dioxinas e furanos durante os diferentes processos de combustão descritos acima, principalmente aqueles praticados nos ambientes domésticos (ambientes internos). O contato dérmico também pode ser via de ingresso, com destaque para o manuseio e a aplicação de certos agrotóxicos. As substâncias podem permanecer no organismo por longo tempo após a exposição, se acumulam em tecidos gordurosos e são liberados lentamente para a corrente sanguínea. A lactação e a perda significativa de peso aumentam a liberação das substâncias no sangue.

A exposição também pode ocorrer por contaminação acidental e ocupacional. Alguns incidentes de exposição ambiental resultaram no aumento da carga corporal de dioxinas. Em 1976, na cidade de Seveso (Itália), o acidente em reator da planta de fabricação de triclorofenol provocou a formação de 2,3,7,8-TCDD, com a liberação de nuvem tóxica que atingiu pessoas, animais, vegetação e o solo de grande área do entorno. A exposição de soldados e civis vietnamitas ao agente laranja (herbicida contaminado com dioxinas) durante a guerra do Vietnã é outro episódio conhecido de contaminação. Outro exemplo ocorreu em 1999, por contaminação da gordura adicionada em ração animal em países da Europa.

A exposição humana a altos níveis de dioxinas e furanos por curto prazo pode resultar em lesões nos olhos e na pele, como cloracne, escurecimento da pele e alterações no fígado. A exposição crônica às dioxinas é associada a danos aos sistemas imunológico, nervoso, endócrino e funções reprodutivas. Crianças expostas apresentam comprometimento do desenvolvimento cognitivo, com implicações no neurodesenvolvimento e efeitos neurocomportamentais, incluindo hipotonia neonatal.

Estudos epidemiológicos com aplicadores de herbicidas, provavelmente contaminados com 2,3,7,8-TCDD, e de residentes da área contaminada de Seveso indicaram aumento para o risco de câncer. A Agência Internacional de Pesquisa em Câncer (IARC) classifica o 2,3,7,8-TCDD, o 2,3,4,7,8-PeCDF e as dl-PCBs como cancerígenos para o ser humano (Grupo 1). As dibenzo-*para*-dioxinas policloradas e os dibenzofuranos policlorados não são classificáveis quanto à carcinogenicidade para o ser humano (Grupo 3).

Padrões e valores orientadores para Dioxinas e Furanos

Meio	Concentração	Comentário	Referência
Solo ¹	2 ng TEQ WHO ₀₅ Kg ⁻¹ * 7,5 ng TEQ WHO ₀₅ Kg ⁻¹ * 37 ng TEQ WHO ₀₅ Kg ⁻¹ * 140 ng TEQ WHO ₀₅ Kg ⁻¹ *	Valor de Prevenção VI cenário agrícola VI cenário residencial VI cenário industrial	Valores orientadores para solo e água subterrânea no Estado de São Paulo- CETESB-DD 125/2021/E

¹Somatório de toxicidade equivalente (TEQ) calculada a partir dos fatores de equivalência de toxicidade (TEFs - WHO 2005) para cada congênere de dioxinas, furanos e dl-PCBs (VAN DEN BERG et al., 2006); *Peso seco; VI = Valor de intervenção.

Referência/Sites relacionados

VAN DEN BERG, M *et al.* The 2005 World Health Organization re-evaluation of human and mammalian toxic equivalency factors for dioxins and dioxin-like compounds. **Toxicology Science**, 93(2): 223-241, 2006.

OGA, S.; CAMARGO, M.M.A; BATISTUZZO, J.A.O. (eds). **Fundamentos de Toxicologia**. 5ª edição. São Paulo: Atheneu Editora, 2021. 848 p.

<http://chm.pops.int/>

<http://conama.mma.gov.br/>

<http://ntp.niehs.nih.gov/>

<http://www.atsdr.cdc.gov/>

<http://www.cetesb.sp.gov.br/>

<http://www.epa.gov/>

<http://www.fda.gov>

<http://www.iarc.fr/>

<http://www.who.int/en/>

<https://www.gov.br/mma/pt-br>

<https://www.paho.org/pt>