

PFAS (PFOA, PFOS, PFOS-F, PFBS e outros)

Identificação das substâncias

Grupo das Substâncias Perfluoralquiladas e Polifluoralquiladas (PFAS)

Lista das mais relevantes:

Ácido perfluorooctanóico (PFOA) e seus sais - sinônimos: 2,2,3,3,4,4,5,5,6,6,7,7,8,8,8-ácido pentadecafluoro-octanóico; fórmula química: $C_8HF_{15}O_2$; Nº CAS: 335-67-1.

Ácido perfluorooctano sulfônico (PFOS) e seus sais - sinônimos: ácido heptadecafluor-1-octanosulfônico, ácido 1,1,2,2,3,3,4,4,5,5,6,6,7,7,8,8,8-heptadecafluor-1-octanosulfônico; fórmula química: $C_8F_{17}SO_3^{-3}$; Nº CAS PFOS: 1763-23-1; Nº CAS(sais): 2795-39-3.

Fluoreto de perfluorooctano sulfonila (PFOS-F, ou POSF) - sinônimos: fluoreto de heptadecafluor-n-octanosulfonila, fluoreto de 1,1,2,2,3,3,4,4,5,5,6,6,7,7,8,8,8-heptadecafluor-1-octanosulfonila, fórmula química: $C_8F_{17}SO_2F$; Nº CAS: 307-35-7.

Ácido perfluorobutano sulfônico (PFBS) e compostos relacionados (sulfonato de perfluorobutano de potássio) - sinônimos: ácido 1,1,2,2,3,3,4,4,4-nonafluorobutano-1-sulfônico; fórmula química: $C_4HF_9SO_3$; Nº CAS: 375-73-5

Descrição e usos

Os **PFASs** representam uma classe de substâncias organofluoradas de cadeia longa, perfluoroalquiladas ou polifluoroalquiladas, ou seja, cadeias lineares totalmente ou parcialmente saturadas por átomos de flúor. São substâncias de origem antropogênica, somando cerca de 5000 substâncias químicas, consideradas poluentes emergentes, largamente utilizadas em muitos produtos de consumo e em processos industriais. Moléculas bastante estáveis, podem conter dezenas de átomos de flúor, ligados a grupos como carboxílico (PFOA), sulfônico (PFOS) e sulfonila (PFOS-F), por exemplo.

Fabricados desde a década de 40, estão presentes na vida diária das pessoas, em peças de roupas, revestimentos de estofados, tapetes, cortinas; embalagens de papel que entram em contato com alimentos; em painéis antiaderentes, ceras, tintas, cosméticos, produtos de higiene pessoal. Os PFAS conferem a característica de repelir tanto água, como gordura. Também entram na composição de espumas de combate a incêndios, componentes eletrônicos, tratamento de imagens, fluidos hidráulicos, produtos de limpeza domésticas e industriais, formulação de inseticidas, aplicações industriais em têxteis, papel e celulose.

Dentre os **PFAS**, as substâncias mais produzidas e estudadas são **PFOA** e **PFOS**; respectivamente, ácido perfluorooctanóico e ácido perfluorooctano sulfônico e seus sais.

O **PFOS-F** (ou **POSF**) é um produto intermediário na fabricação do PFOS, que pode ser utilizado na produção de amidas, oxazolidinonas, carboxilatos e alcoxilatos.

No Brasil, o PFOS-F é utilizado para a fabricação de Sulfluramida, ingrediente ativo usado na produção de iscas formicidas para o controle de formigas cortadeiras.

PFOA, PFOS-F e PFOS e seus sais, estão na lista de poluentes orgânicos persistentes (POPs) da Convenção de Estocolmo, em seu Anexo B, desde 2009. A convenção é um tratado internacional que visa a eliminação segura desses poluentes e a limitação de sua produção e uso, do qual o Brasil é signatário. Algumas compostos têm sido desenvolvidos na tentativa de substituir estes PFAS, porém, embora menos danosos, ainda são considerados preocupantes em termos de risco à saúde humana e ao meio ambiente. Como exemplo, na tentativa de substituição do PFOS, foi criado o **PFBS**, ácido perfluorobutano sulfônico e seus compostos, cujo comportamento ainda é pouco conhecido e considerado com ressalvas por autoridades regulatórias.

Comportamento no ambiente

Os PFAS ganharam o apelido de “*substâncias químicas eternas*”, por serem, extremamente estáveis, resistentes à biodegradação, foto-oxidação, hidrólise e fotólise. Possuem alta mobilidade, podendo ser encontrados nos vários compartimentos físicos naturais: ar, solos e sedimentos, água superficial e subterrânea. Nos diversos ecossistemas, bioacumulam e biomagnificam na cadeia alimentar e podem, portanto, ser encontrados no corpo humano e de animais.

Os PFAS são liberados no ambiente durante a produção e uso e também podem ser gerados pela degradação de outras substâncias relacionadas. Pela sua presença em vários objetos do cotidiano, os PFAS podem ser encontrados na poeira doméstica (residências, escritórios e comércio), no interior de veículos, ou seja, no ar de ambiente interno. Pela lavagem de tecidos, há sua presença no lodo de esgoto e até mesmo efluente tratado. Nas localidades onde houve o uso de espumas de combate à incêndio e em bases para treinamento e simulação de incêndio, pode haver fonte de contaminação do solo e da água subterrânea, com potencial de migração para alimentos cultivados e pastagens para gado.

Em 2016, a agência americana de proteção ao meio ambiente, USEPA, estabeleceu o valor limite de proteção não mandatário (*Lifetime Health Advisories* - LHA*) de 70 ppt (partes por trilhão) para PFOA e PFOS em água para consumo humano (individualmente, ou a soma de compostos). A USEPA também estabeleceu o valor de 40 ppt na água subterrânea, como o valor que determina a necessidade de investigação da origem da contaminação. Em 2020, a agência propôs que PFOA e PFOS fariam parte da Lista de Contaminantes Candidatos a serem

*Nota: *Lifetime Health Advisories* (LHA): Limite que não foi estabelecido em legislação, mas que é desejável que se torne regulamentado; pode representar um valor precursor após estudos adicionais; Padrões mandatários americanos são os Limites de Concentrações Máximas – MCL

legislados na água de consumo (Contaminant Candidate List - CCL). A Diretiva da União Europeia (EU/2020), estabelece o valor de 0,1 mg/L para soma de PFAS, ou o valor de 0,5 mg/L para “PFAS Total”, de acordo com as diretrizes da mesma.

No Brasil há trabalhos científicos que indicam a biocumulação de PFOSF por aplicação de sulfluramida em culturas agrícolas, porém não há legislação específica para seu uso ou limites de concentração em matrizes ambientais.

Exposição humana e efeitos na saúde

A exposição da população aos PFAS ocorre predominantemente por ingestão de água contaminada ou de alimentos, e pode ocorrer em menor escala por contato dérmico e inalação. Os peixes parecem ser fonte importante de exposição, principalmente ao PFOS. As crianças estão mais expostas pelas vias de contato dérmico e de ingestão oral, pelo contato com carpetes, estofados e outros objetos tratados com impermeabilizantes, bem como partículas difusas.

Diferentemente de outros POPs, os PFAS não se acumulam nas gorduras, mas se ligam às proteínas do sangue e se acumulam no fígado e na vesícula biliar. São rapidamente absorvidos pelo organismo pela via oral e eliminados lentamente.

A maior preocupação para com o PFOS e o PFOA, compostos mais estudados, é sua persistência no organismo; estudos toxicológicos mostram um aumento do fígado como forma do organismo reagir à exposição a altas doses. Quanto ao efeito durante a gestação, embora haja evidências de que ultrapassem a barreira placentária, e de serem encontrados no leite materno, não há estudos acerca do desenvolvimento pós-natal do bebê.

Não há uma relação bem definida entre a exposição aos PFOS, PFOA e substâncias relacionadas e os efeitos à saúde humana, com base em estudos de exposição ocupacional e estudos com populações expostas pelo consumo de água contaminada pelas mesmas. Os seres humanos e roedores reagem de modo diferente aos PFOS e PFOA e nem todos os efeitos observados em ratos e camundongos podem ocorrer em seres humanos. Em animais, estudos mostram que o órgão mais afetado é o fígado, porém, pode haver efeitos nos rins e no sistema imunológico, efeitos reprodutivos e de desenvolvimento, e risco de ocorrência de câncer. Alguns estudos com seres humanos mostram que a exposição ao PFOS e outros compostos perfluoralquilados podem causar danos no fígado, pré-eclâmpsia (hipertensão arterial específica da gravidez) e pequena diminuição do peso ao nascer.

São também considerados interferentes endócrinos, ou seja, podem interferir nos hormônios naturais do corpo e na fertilidade; aumentar o colesterol e afetar o sistema imunológico. Causam efeitos no crescimento e desenvolvimento de crianças (tireoide, por exemplo, no caso do PFOS).

A Agência Internacional de Pesquisa em Câncer (IARC) classifica o PFOA no Grupo 2B – possível cancerígeno humano, com base em evidências de carcinogenicidade limitadas em seres humanos (câncer de testículo e rins) e cancerígeno em animais de experimentação.

Referências/Sites relacionados

<http://chm.pops.int>
<https://ntp.niehs.nih.gov/publications/reports/tr/500s/tr598/index.html>
<https://scdhec.gov/sites/default/files/media/document/PFAS%20Fact%20Sheet.pdf>
<http://www.atsdr.cdc.gov/>
<http://www.epa.gov/>
<https://www.epa.gov/pfas/increasing-our-understanding-health-risks-pfas-and-how-address-them>
<https://www.epa.gov/pfas/pfas-strategic-roadmap-epas-commitments-action-2021-2024>
https://www.epa.gov/sites/production/files/2018-11/documents/factsheet_pfb-genx-toxicity_values_11.14.2018.pdf
<http://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/653.htm>
<http://www.healthcanada.gc.ca>
<http://www.iarc.fr/>
<http://www.mma.gov.br/>
<http://www.who.int/en/>