



Ácido perfluorooctanóico
(PFOA – *perfluorooctanoic acid*), seus sais
e compostos relacionados ao PFOA

CONSULTOR: Fábio Barbosa Machado Torres

Inventário de Ácido perfluorooctanóico (PFOA – *perfluorooctanoic acid*), seus sais e compostos relacionados ao PFOA no Brasil, entregue como parte produto final do convênio entre a Fundação Educacional Ciência e Desenvolvimento (FECD) e o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA).

Rio de Janeiro, dezembro de 2020



Sumário

1. INTRODUÇÃO	7
1.1. PFOA, seus sais e compostos relacionados ao PFOA como poluentes orgânicos persistentes.....	9
1.2. Produção	11
1.3. Aplicação	12
1.4. Alternativas.....	13
2. INVENTÁRIO DE PFOA, SEUS SAIS E COMPOSTOS RELACIONADOS AO PFOA NO BRASIL.....	16
2.1. Produção	18
2.2. Comércio	19
2.3. Aplicações e indústrias nacionais	21
3. OCORRÊNCIA DE PFOS, SEUS SAIS E PFOSF NO BRASIL	23
3.1. PFOA em matrizes ambientais bióticas.....	24
3.1.2. Terrestre	27
3.1.3. Humano.....	27
3.1.4. Alimento	28
3.2. PFOS em matrizes ambientais abióticas.....	28
3.2.1. Solos e sedimentos	29
3.2.2. Água.....	29
4. PLANO DE AÇÃO	32
5. REFERÊNCIAS	33
6. ANEXOS.....	37
6.1. Tabelas de balanço comercial.....	37
6.2. Protocolo para revisão sistemática	44
6.3. Tabela do número de indústrias nacionais com possível aplicação de PFOA.....	46
6.4. Nome e número CAS do PFOA e dos compostos relacionadas ao PFOA.	49

**LISTA DE FIGURAS**

Figura 1: Número e percentual de indústrias por unidades federativas que possam eventualmente fazer aplicação de PFOA, seus sais e compostos relacionados ao PFOA em seus processos ou em seus produtos..... 23

Figura 2: Fluxograma do protocolo seguido no processo de revisão sistemática da ocorrência de PFOA no Brasil 24



LISTA DE QUADROS E TABELAS

Quadro 1: Possíveis nomenclaturas (químicas, genéricas e comerciais), fórmula química e estrutural e propriedades do PFOA.....9

Tabela 1: Lista de instituições potencialmente envolvidas em alguma na produção ou na aplicação do PFOA, seus sais ou compostos relacionados ao PFOA consultadas pelo Ministério do Meio Ambiente: Número de ofícios enviados, número de empresas privadas, número de associações e número de respostas relacionadas e não relacionadas ao PFOA, seus sais e aos compostos relacionados ao PFOA. 18

Tabela 2: Concentrações de PFOA (^a ng g⁻¹ p.u.; ^b ng mL⁻¹; ^c pg g⁻¹) de PFOA em matrizes ambientais bióticas brasileiras*..... 26

Tabela 3: Concentrações de PFOA (^a pg g⁻¹; ^b ng L⁻¹;) de PFOA em matrizes ambientais abióticas brasileiras*..... 31



LISTA DE ABREVIações

- ABIEX (Associação Brasileira de Equipamentos contra Incêndio e Cilindros de Alta Pressão)
- ABIMIFI (Associação Brasileira da Indústria de Material Fotográfico e de Imagem)
- ABIMO (Associação Brasileira da Indústria de Artigos e Equipamentos Médicos, Odontológicos, Hospitalares e de Laboratórios)
- ABINEE (Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica)
- ABIPLAST (Associação Brasileira da Indústria do Plástico)
- ABIQUIM (Associação Brasileira da Indústria Química)
- ABIT (Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção)
- ABRAFATI (Associação Brasileira dos fabricantes de Tintas)
- ABRALIMP (Associação Brasileira do Mercado de Limpeza Profissional)
- ABRIGAF (Associação Brasileira da Indústria Gráfica)
- ABRTAC (Associação Brasileira das Indústrias de Tapetes e Carpetes)
- ABTS (Associação Brasileira de Tratamento de Superfícies)
- AFECOM (Associação dos Fabricantes de Estofados e Móveis Complementares)
- APFO (*ammonium perfluorooctanoic acid* – ácido perfluorooctanóico de amônio)
- ASSINTECAL (Associação Brasileira de Indústrias de Componentes para Couro e Calçados)
- BAT (*best available techniques* – melhores técnicas disponíveis)
- BEP (*best environmental practices* – melhores práticas ambientais)
- CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior)
- CAS (*Chemical Abstract Service* – Serviço de Resumo Químico)
- CEMPRE (Cadastro Central de Empresas)
- CNI (Confederação Nacional da Indústria)
- CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente)
- FEP (*fluorinated ethylene propylene* - polifluoroetileno propileno)
- IARC (*International Agency for Research on Cancer* – Agência Internacional para Pesquisa no Câncer)
- IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis)
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística)



IBTeC (Instituto Brasileiro de Tecnologia do Couro, Calçados e Artefatos)

IUPAC (*International Union of Pure and Applied Chemistry* – União Internacional de Química Pura e Aplicada)

ME (Ministério da Economia)

MMA (Ministério do Meio Ambiente)

NCM (Nomenclatura Comum do Mercosul)

OEMAs (Órgãos Estaduais de Meio Ambiente)

PFAS (*per-and-polyfluoroalkyl substances* – substâncias per-e-polifluoroalquilicas)

PFC (*per-and-polyfluorinated compounds* – compostos per-e-polifluridados)

PFOA (*perfluorooctanoic acid* – ácido perfluorooctanóico)

PFOS (*perfluorooctanesulfonic acid* – ácido perfluorooctano sulfônico)

POPs (*persistent organic pollutants* – poluentes orgânicos persistentes)

PRISMA (principais itens para relatar revisões sistemáticas e meta-análises)

PTFE (*polytetrafluoroethylene* - politetrafluoretileno)

PVC (*polyvinyl chloride* – policloreto de vinila)

PVDF (*polyvinylidene fluoride* - fluoreto de polivinilideno)



1. INTRODUÇÃO

O ácido perfluorooctanóico (PFOA – *perfluorooctanoic acid*, CAS 335-67-1), seus sais e compostos relacionados ao PFOA ¹ foram listados em 2019 pela Convenção de Estocolmo no anexo A. O PFOA é uma substância perfluorinada, comumente usada como surfactante em aplicações industriais, podendo ser usada na síntese de polímeros e outras substâncias. Uma vez no ambiente, substâncias relacionadas ao PFOA são degradadas em PFOA, que pode causar efeitos deletérios aos organismos, incluindo os humanos. A exposição humana ao PFOA está associada à graves efeitos na saúde humana, como o câncer nos rins, o câncer testicular, doenças da tireoide, hipertensão induzida pela gravidez e colesterol alto (UNEP, 2017; UNEP, 2018).

A empresa americana 3M começou a produção do PFOA em 1947, por fluorinação eletroquímica, técnica que produz cadeias carbônicas lineares e ramificadas fluorinadas (KEMI, 2015). Em 1951, outra empresa, a DuPont, comprou o composto para usar na manufatura de um fluoropolímero, o politetrafluoretileno (PTFE – *polytetrafluoroethylene*), sob o nome comercial de Teflon.

A principal aplicação do Teflon foi como revestimento antiaderente para painéis e utensílios de cozinha. Mais de dez anos depois, em 1968, substâncias organofluoradas foram detectadas no soro sanguíneo de americanos (TAVES, 1968). Somente em 1976 foi sugerido que os compostos detectados poderiam ser substâncias per-ou-polifluoro alquílicas (PFAS – *per-and-polyfluoroalkyls*), como o PFOA (KENNEDY *et al*, 2004).

Em 1999, o PFOA foi identificado no sangue de funcionários de indústrias que produziam compostos organofluorinados (OLSEN *et al*, 2007). No mesmo ano, a EPA (*Environmental Protection Agency*), agência de proteção ambiental dos Estados Unidos, ordenou que as empresas investigassem e reportassem os efeitos nocivos de compostos perfluorinados, o que levou, no ano seguinte, a 3M a anunciar um “*phase-out*” do composto (LEE, 2003). A empresa então, de forma gradativa a partir de 2000, começou a encerrar a produção do PFOA e outros PFAS (3M, 2000).

¹ A fim de padronizar e facilitar futuras buscas de informação a respeito dos compostos químicos, a sigla em PFOA (*perfluorooctanoic acid*) foi adotada ao longo do texto. Sendo PFOA referente ao ácido perfluorooctanóico.



Quadro 2: Possíveis nomenclaturas (químicas, genéricas e comerciais), fórmula química e estrutural e propriedades do PFOA.

Nome comum (abreviação em inglês)	Ácido perfluorooctanóico (PFOA)
Nomenclatura IUPAC	2,2,3,3,4,4,5,5,6,6,7,7,8,8,8-pentadecafluorooctanoic acid
Exemplo da estrutura molecular	
Fórmula molecular	$C_8HF_{15}O_2$
Peso molecular	414,07 g/mol
Solubilidade em água	2290 mg/L a 24 °C
Ponto de ebulição	189 °C
Pressão de vapor	0.53 mmHg a 25 °C
Sinônimos	Ácido pentadecafluorooctanóico; Perfluorooctanoato; Pentadecafluorooctanoato; C8
Números de CAS (chemical abstract service)	335-67-1

A decisão da 3M levou a DuPont a construir sua própria fábrica de produção do PFOA em 2002. Desde 2000, a DuPont e o Teflon vinham sofrendo desgaste público devido à uma ação na justiça americana, em decorrência da contaminação por PFOA em uma comunidade nos arredores de uma fábrica de Teflon nos Estados Unidos. A empresa foi obrigada a entregar todos os documentos relacionados ao PFOA, incluindo investigações que mostravam a associação entre a substância e câncer testicular, nos rins e no pâncreas. Se tornou público que tanto a DuPont quanto a 3M vinham conduzindo investigações médicas sobre os efeitos de PFAS na saúde há pelo menos quatro décadas, e mesmo ciente dos riscos à saúde humana, decidiram por seguir a produção (LERNER, 2015).

Após as evidências científicas dos efeitos nocivos do PFOA à saúde humana e sua ubiquidade no meio ambiente, as principais produtoras globais do composto assinaram o programa *Global PFOA Stewardship Program* (Programa Global de Administração do PFOA) da EPA, para eliminar o PFOA até 2015. A partir de então, o PFOA foi eliminado na produção de utensílios de cozinha, itens de vestuário, embalagens de alimentos, entre outros usos (USEPA, 2016).



O PFOA é um composto persistente, com potencial bioacumulativo e de biomagnificação. O interesse industrial se dá por ser anfifílico, que repele substâncias tanto lipofílicas quanto hidrofílicas. Foi utilizado como surfactante na produção de polímeros fluorinados, conferindo a eles a mesma característica repelente. Foi usado em tratamentos de superfície, em utensílios de cozinha, como é o caso do Teflon, em tecidos e vestuário, em tratamento de papéis para embalagens alimentícias, entre outras aplicações (UNEP, 2017).

1.1. PFOA, seus sais e compostos relacionados ao PFOA como poluentes orgânicos persistentes

O Brasil, como signatário da Convenção de Estocolmo, deve restringir o uso e a produção de PFOA, incluindo seus isômeros ramificados e lineares, seus sais e compostos relacionados ao PFOA. “Compostos relacionados ao PFOA” é um termo que, para os propósitos da Convenção, abrange qualquer substância que se degrade em PFOA, incluindo qualquer substância (incluindo sais e polímeros) que contenha um grupamento perfluoroheptil linear ou ramificado PFOA, fórmula molecular: $(C_{17}F_{15})C$, em suas moléculas. Portanto, os compostos relacionados ao PFOA recebem a mesma caracterização como poluentes orgânicos persistentes (POPs). De acordo com a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OECD, 2007), existem pelo menos 30 substâncias relacionadas ao PFOA (listadas em anexo).

A preocupação com os efeitos dessas substâncias no meio ambiente levou à sua listagem como POPs. As substâncias relacionadas ao PFOA podem ser degradadas no ambiente, liberando PFOA. Ele apresenta persistência ambiental, não sendo facilmente degradado, também podendo se acumular nos organismos vivos e se biomagnificar ao longo da cadeia trófica. Por ser uma molécula anfifílica, geralmente não está associada ao tecido adiposo dos seres vivos como a maioria dos demais POPs.

Existem indícios de efeitos tóxicos associados à exposição ao PFOA. A Agência Internacional para Pesquisa do Câncer classifica o PFOA no grupo 2B, possivelmente carcinogênico para humanos (IARC, 2017). A exposição ao PFOA está associada com câncer nos rins e nos testículos em testes com camundongos (UNEP, 2017; UNEP, 2018).



Está associada também com a hipertensão induzida pela gravidez e a pré-eclâmpsia, a danos nos rins evidenciados pelo aumento do número de enzimas renais e diminuição dos níveis de bilirrubina no sangue, ao aumento de lipídios no sangue, em especial os colesteróis, ao aumento no risco de doenças da tireoide, a uma menor resposta imunológica a vacinas, a um aumento no risco de asma, a uma diminuição da fertilidade e a uma diminuição do peso do recém-nascido (APELBERG et al, 2007; FEI et al, 2008; ATSDR, 2018)

Existem, no entanto, exceções específicas para a produção e uso dessas substâncias. Exceções específicas podem ser requeridas por qualquer país-parte na Convenção de Estocolmo, com o objetivo de ganhar tempo suficiente para que a substituição das substâncias listadas aconteça de forma gradual, amenizando os impactos econômicos. Qualquer exceção específica tem um prazo de validade de cinco anos após a restrição entrar em vigor. No caso dessas substâncias, o prazo termina em 2025.

PFOA, seus sais e compostos relacionados ao PFOA somente podem ser produzidos para confecção de espumas para extintores de incêndio, sendo observados os critérios de uso dos mesmos, e para servir de intermediário em processos químicos onde seu uso é permitido. Como critério de uso para extintores de incêndio que contenham PFOA, seus sais ou compostos relacionados ao PFOA estão: não devem ser exportados ou importados, exceto para fins de descarte ambientalmente correto; não podem ser usados para treinamentos; não podem ser utilizados para testes, a menos que todas as emissões estejam contidas; até o final de 2022, se tiver capacidade para fazê-lo, mas não depois de 2025, restringir os usos aos locais onde todos os lançamentos podem ser contidos; faça esforços para levar a uma gestão ambientalmente saudável de estoques e resíduos de espuma de combate a incêndio.

Os usos que configuram como exceção específica para o PFOA, seus sais e compostos relacionados ao PFOA como processos industriais são: fotolitografia ou processos de corrosão em fabricação de semicondutores; revestimentos fotográficos aplicados a filmes; têxteis repelentes a óleo e água para a proteção dos trabalhadores contra líquidos perigosos que representam riscos à sua saúde e segurança; dispositivos médicos invasivos e implantáveis; espuma de combate a incêndio para supressão de vapor de combustível líquido e incêndios de combustível líquido (incêndios de classe B) em sistemas instalados, incluindo sistemas móveis e fixos, de acordo com os critérios citados no parágrafo acima.



O uso de iodeto de perfluorooctilo para a produção de brometo de perfluorooctilo com a finalidade de produção de produtos farmacêuticos, esta exceção será revisada pela Conferência regulamentar e deverá expirar até 2036; fabricação de politetrafluoroetileno (PTFE) e fluoreto de polivinilideno (PVDF) para a produção de membranas de filtro de gás resistentes à corrosão de alto desempenho, membranas de filtro de água e membranas para têxteis médicos, equipamento para de calor de uso industrial, selantes industriais capazes de prevenir o vazamento de compostos orgânicos voláteis e partículas de PM 2,5, fabricação de polifluoroetileno propileno (FEP) para a produção de fios e cabos elétricos de alta tensão para transmissão de energia, fabricação de fluoroelastômeros para a produção de *O-rings*, correias em V e acessórios de plástico para interiores de automóveis.

Como signatário da Convenção de Estocolmo, o Brasil deve restringir a produção e o uso de todas as substâncias relacionadas ao PFOA para somente as exceções específicas listadas acima.

1.2. Produção

PFOA, seus sais e compostos relacionados ao PFOA foram produzidos a partir da década de 1940 até hoje. A 3M reportou que entre 1992 e 2002 produziu nos Estados Unidos 113 toneladas por ano (USEPA, 2006). Em 2005, a produção de PFOA ocorria na Itália, nos Estados Unidos, na América do Sul, no Japão e na China (ECHA, 2015). Em 2015, toda a produção na União Europeia havia sido terminada, enquanto Japão e Estados Unidos seguiam em programas de *phase-out* (ECHA, 2015).

Com o *phase-out* da 3M em 2000 e o *Global PFOA Stewardship Program* da EPA em 2006, a produção de PFOA no ocidente caiu. Mas foi suplantada pela indústria química chinesa, que aumentou sua produção a partir dos anos 2000. Em 2004, a produção chinesa de PFOA era de aproximadamente 30 toneladas, mas aumentou para aproximadamente 90 toneladas em 2012, tendo produzido 480 toneladas entre os dois anos (LI *et al*, 2015).

Em 2014, Wang e colaboradores (WANG *et al*, 2014) publicaram estudo onde estimaram a emissão global de PFOA de 1951 até 2002 em dois cenários. No cenário de menor produção, a estimativa calculou 90 toneladas de PFOA produzidas no intervalo. No cenário de maior produção, estimou-se 970 toneladas.



Usando o mesmo modelo proposto por Wang e colaboradores, a OECD publicou, em 2015, estimativas da emissão global entre 2002 e 2015 (OECD, 2015). Segundo a OECD, entre 2003 e 2015, 30 toneladas de PFOA foram emitidas globalmente no cenário de menor produção e 430 toneladas no cenário de maior produção.

1.3 Aplicação

Por suas propriedades físico-químicas, o PFOA, seus sais e os compostos relacionados ao PFOA foram utilizados em uma ampla gama de atividades industriais, diversas aplicações espalhadas pela cadeia de produção. Estima-se que na Europa aproximadamente 1.000 toneladas de compostos relacionados ao PFOA tenham sido utilizadas pela indústria têxtil e de couro, aproximadamente 200 toneladas tenham sido utilizadas em tratamentos de papéis e papelões, aproximadamente 100 toneladas tenham sido utilizadas em espumas de combate a incêndio e outras 100 toneladas em tintas e tinturas (ECHA, 2015). A mesma estimativa reporta que menos que 20 toneladas de PFOA tenham sido usadas na Europa para a produção de fluoropolímeros e uma tonelada tenha sido usada na indústria fotográfica (ECHA, 2015).

O PFOA é utilizado predominantemente na forma do sal perfluorooctanato de amônio (APFO - *ammonium perfluorooctanoic acid*, CAS 3825-26-1). O sal é utilizado em soluções aquosas como um emulsificante na produção de polímeros, como o PTFE (UNEP, 2016). Os fluoropolímeros são usados em muitos setores para diferentes fins, incluindo: na fabricação de mangueiras, cabos e gaxetas; revestimentos antiaderentes em utensílios de cozinha; e produtos de higiene pessoal (USEPA, 2009). APFO também é usado no processamento de tintas, aditivos de filmes fotográficos e na indústria de revestimento têxtil (OECD, 2006). O PFOA também é utilizado, como surfactante e auxiliar de processamento na fabricação de semicondutores utilizados no processo fotolitográfico e como um substituto para o sulfonato de perfluorooctano (PFOS) (ECHA, 2015; UNEP, 2016).

Compostos relacionados ao PFOA são usados como surfactantes e polímeros em uma grande variedade de produtos, como tratamento para couro e tecidos de vestuário e carpetes (WASHBURN *et al*, 2005). Também são utilizados em papéis de embalagens de alimentos (KOTTHOFF *et al*, 2015). Essas substâncias são utilizadas também como agentes de tratamento de superfícies na indústria do papel e em revestimento de mármore e outras pedras decorativas, em equipamentos médicos, como produto ante espuma em processos de produção de tintas sulfurosas (UNEP, 2016).



São usados também como substâncias não poliméricas em espumas de combate a incêndios, agentes umectantes e de limpeza, e como parte de polímeros fluorados de cadeia lateral (UNEP, 2016). Polímeros fluorados de cadeia lateral são usados para fornecer proteção contra água, graxa e sujeira em aplicações têxteis, produtos para vestuário, couro, papel e papelão (por exemplo, em embalagens de alimentos), tintas e vernizes (por exemplo, arquitetura externa e interna), roupas médicas não tecidas, ceras para pisos e selantes de pedra e madeira, fitas e pastas selantes de fios, adesivos ou produtos para vestuário (UNEP, 2016).

Em algumas dessas aplicações o PFOA não aparece no produto final. Quando utilizado como agente surfactante em processos industriais, seu uso fica restrito a uma etapa da cadeia de produção e trabalhadores a jusante da cadeia podem não ter conhecimento do uso do composto em etapas anteriores. Para algumas outras finalidades, é interessante que o composto esteja presente no produto final. No caso de vestuário e couro, por exemplo, é de interesse garantir a impermeabilidade da roupa e o PFOA pode estar presente no bem de consumo.

1.4 Alternativas

Parte das obrigações da Convenção de Estocolmo é propor alternativas ao uso das substâncias listadas. A Convenção destaca, no entanto, que alternativas eficazes e eficientes ao PFOA, seus sais e compostos relacionados ao PFOA para diversos dos usos que são aplicados podem não estar disponíveis, mas que o desenvolvimento delas está em andamento. Em seu website

(<http://chm.pops.int/Implementation/Alternatives/AlternativestoPOPs/ChemicalslistedinAnnexA/PFOA/tabid/8292/Default.aspx>), a Convenção chama atenção para as aplicações que

possuem alternativas. São elas:

- Semicondutores.

Para algumas aplicações na indústria de semicondutores parece haver alternativas viáveis, como o uso de surfactantes. No entanto, aplicações em que compostos relacionados ao PFOA são usados como um material constituinte nos processos, formulações químicas para etapas de aplicação muito especializadas permanecem (por exemplo, para as aplicações fotolitográficas).



Em estudo publicado em 2010, van der Putte (VAN DER PUTTE *et al*, 2010) relata que para as empresas que usam o PFOA em suas aplicações fotolitográficas, derrogações serão necessárias para poder continuar a produção. De acordo com representantes da indústria de semicondutores, alternativas para algumas aplicações podem não estar disponíveis, e a indústria requer uma quantidade significativa de tempo para identificar, testar e qualificar substitutos antes de serem introduzidos na produção comercial.

- Revestimento fotográfico.

De acordo com a I&P Europe, desde 2000, a indústria europeia reformulou e descontinuou um grande número de produtos, resultando em uma redução mundial no uso de compostos relacionados ao PFOA de mais de 95%. Embora atualmente não existam substituições para as poucas aplicações restantes, uma redução adicional no uso de compostos relacionados ao PFOA é antecipada à medida que a transição para a imagem digital continua. A I&P Europe acredita que medidas de controle adicionais para usos contínuos não são necessárias (I&P EUROPE, 2016). Van der Putte, em estudo publicado em 2010 (VAN DER PUTTER *et al*, 2010), sugere que nenhuma alternativa existe atualmente e o investimento significativo necessário em pesquisa e desenvolvimento para mudar para uma alternativa torna provável que a fabricação e o uso de PFOA ou compostos relacionados ao PFOA no setor de imagem fotográfica possa cessar.

Segundo a indústria fotográfica, as maiores barreiras ao desenvolvimento continuam sendo técnicas e de custo de pesquisa. A indústria sugere que a substituição do PFOA pode chegar a um milhão de euros para um único material fotográfico. O custo econômico associado à substituição do PFOA nos poucos usos fotográficos críticos restantes tornou-se proibitivo. A indústria ainda relata que pequenos usos críticos restantes são produtos de nicho em mercados que tendem a diminuir ainda mais (I&P EUROPE, 2016).

- Têxteis para a proteção de trabalhadores contra riscos à saúde e segurança.

As associações da indústria notaram que, especialmente no campo dos têxteis profissionais, técnicos e de proteção e outros têxteis avançados (por exemplo, para separadores de células de combustível para inovações de e-mobilidade), nenhuma alternativa que atenda à alta demanda por requisitos legais e por clientes está atualmente disponível. No entanto, é admitido que os produtos têxteis que devem cumprir apenas os requisitos de baixo desempenho (por exemplo, roupas padrão, têxteis padrão para exteriores), que foram anteriormente tratados



com compostos relacionados com PFOA, podem ser tratados por produtos C6 ou mesmo alternativas sem flúor (VTB SWT, 2016; EURATEX, 2016).

- Dispositivos médicos.

Alguns dispositivos médicos implantáveis são fabricados com PTFE contendo PFOA. Alguns exemplos são enxertos vasculares sintéticos, dispositivos endovasculares e intervencionistas, telas cirúrgicas para reparo de hérnia, suturas para uso em procedimentos de cirurgia vascular, cardíaca e geral. Essas aplicações podem conter PFOA em concentrações residuais de até 1 ppm.

Existem, no entanto, alternativas em PTFE livre de PFOA. Alternativa para dispositivos médicos de PTFE livre de PFOA já estão disponíveis comercialmente e aprovadas por órgãos competentes em alguns países (IPEN, 2016).

- Espumas de combate a incêndio.

Existem alternativas para todas as aplicações de PFOA em espumas de combate a incêndios. Algumas alternativas são livres de flúor e outras usam surfactantes fluorados a base de fluotelômeros de seis carbonos. Espumas livres de flúor são comparáveis às que contém PFOA em sua performance e preço, e são aprovadas para quase todos os usos (UNEP, 2016).

- Membranas destinadas ao uso em têxteis médicos, filtração em tratamento de água, processos de produção e tratamento de efluentes.

Várias alternativas potenciais para uso em têxteis, como alternativas fluoradas de cadeia curta, alternativas sem flúor e alternativas não químicas foram identificadas na avaliação de risco do PFOA, incluindo aquelas que atendem aos requisitos regulamentares e estão em uso atualmente para outras finalidades (UNEP, 2016).



2. INVENTÁRIO DE PFOA, SEUS SAIS E COMPOSTOS RELACIONADOS AO PFOA NO BRASIL

Para atualização do Inventário Nacional de Novos Poluentes Orgânicos Persistentes de Uso Industrial (MMA, 2015), foi realizada uma consulta às instituições governamentais como as secretarias do próprio Ministério do Meio Ambiente (MMA), o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) – órgão anuente de importação de algumas substâncias controladas pela Convenção de Estocolmo –, o Ministério da Economia, (ME) e todas as secretarias ambientais e federações industriais dos 26 estados brasileiros.

Em paralelo, foi feita uma listagem, de forma individual, de associações empresariais e empresas privadas potencialmente envolvidas em alguma etapa do ciclo de vida das do PFOA, seus sais e compostos relacionados ao PFOA – produção, importação e exportação, usos e destino final das substâncias e dos produtos que possam contê-las – em território nacional.

A partir de então, as instituições foram consultadas, via questionário oficial do MMA (Ofício circular n° 171), enviados por correio eletrônico – quando disponível – ou diretamente por suas páginas na web. Nesta consulta, objetivou-se ressaltar as obrigações do Estado brasileiro para com o tratado internacional da Convenção de Estocolmo e solicitar toda e qualquer informação a respeito de todas e quaisquer etapas do ciclo de vida do PFOA, seus sais e dos compostos relacionados ao PFOA.

Além disso, foi ressaltada a importância econômica da manutenção e o bom desenvolvimento de tal inventário a fim de identificar as necessidades da indústria brasileira a serem apresentadas ao secretariado da Convenção e em relação ao comércio internacional de produtos brasileiros. Pois, mesmos produtos que não estejam diretamente envolvidos no ciclo de vida direto dos POPs podem ser afetados pela presença dos mesmos no meio ambiente, como as exportações agropecuárias, uma vez que a contaminação ambiental por POPs, mesmo em baixas concentrações no solo, água e ar, pode levar a contaminações elevadas nas commodities (TORRES *et al.*, 2013; WEBER, 2017; WEBER *et al.*, 2018).

Com isto, diversos parceiros comerciais poderiam impor sanções ou bloqueios a produtos contaminados por POPs e que a União Europeia, um dos principais consumidores das commodities brasileiras, baixou recentemente os limites de ingestão diária/semanal aceitáveis para diversos POPS, incluindo o PFOA, agora 1.500 vezes mais baixo (EFSA, 2018a; 2018b).



Tabela 1: Lista de instituições potencialmente envolvidas em alguma na produção ou na aplicação do PFOA, seus sais ou compostos relacionados ao PFOA consultadas pelo Ministério do Meio Ambiente: Número de ofícios enviados, número de empresas privadas, número de associações e número de respostas relacionadas e não relacionadas ao PFOA, seus sais e aos compostos relacionados ao PFOA.

Setor	Instituições	Envio de ofício	Empresas	Associações	Respostas positivas	Respostas não relacionadas	Respostas negativas
Adesivos e selantes	109	98	98	0	0	1	6
Aditivos	12	10	9	1	0	0	0
Borracha	31	30	26	4	0	0	3
Cabos	103	87	85	2	0	0	2
Capacitores	16	15	14	1	0	0	0
Combate a incêndio	2	2	0	2	0	0	0
Construção civil	39	36	27	9	0	0	0
Cosméticos	3	2	0	2	0	0	0
Eletroeletrônicos	386	276	269	7	0	1	8
Equipamentos médicos	1	1	0	1	0	0	0
Gráficas	5	5	0	5	0	0	0
Óleos lubrificantes	113	89	88	1	0	0	1
Papel	3	3	0	3	0	0	1
Petróleo	3	1	0	1	0	0	0
Plástico	13	11	4	7	0	0	1
Poliestireno	80	68	64	4	0	1	0
Polímeros diversos	33	26	25	1	0	0	0
Produtos de limpeza	2	2	0	2	0	0	0
PVC	123	117	113	4	0	0	0
Química	69	61	51	10	0	14	13
Reciclagem	11	11	1	10	0	0	0
Têxtil	149	132	121	11	0	0	2
Tintas e revestimentos	70	64	60	4	0	1	2
Transformadores	54	52	54	0	0	0	1
Transporte	108	94	90	4	0	0	2
Total	1538	1293	1199	96	0	18	42



2.1. Produção

O PFOA, seus sais e os compostos relacionados ao PFOA foram produzidos em todo o mundo para diversas aplicações industriais. Muitas das indústrias que podem se utilizar dessas substâncias em seus processos estão presentes no Brasil. Alguns exemplos são a indústria têxtil e do couro, a indústria do plástico, a indústria de revestimento de superfícies, a indústria de extintores de incêndio, entre outras. O uso predominante é do sal perfluorooctanoato de amônio, o APFO (CAS 3825-26-1), usado na produção de fluoropolímeros como o PTFE.

No Brasil existem diversos setores industriais que podem se utilizar do APFO em seus processos, como a indústria de utensílios de cozinha, de higiene pessoal, de revestimentos de superfície, de fabricação de cabos e mangueiras e a própria indústria do plástico (ECHA, 2015; UNEP, 2016). Nos anos 2000, a produção de PFOA, seus sais e compostos relacionados ao PFOA começou a ser reduzida nos Estados Unidos e na Europa.

Uma ação na justiça americana revelou dados confidenciais da empresa DuPont que apontavam possíveis efeitos nocivos do PFOA a saúde humana. A partir de então, a 3M, outra empresa americana que produzia composto organofluorados, decidiu iniciar um *phase-out* voluntário dessas substâncias. Em 2005, a EPA organizou o programa *Global PFOA Stewardship Program*, onde oito das maiores empresa globais que produziam PFOA, seus sais e compostos relacionados ao PFOA se comprometeram a reduzir até a eliminação do uso das substâncias até 2015. (USEPA, 2016).

Existem algumas atividades industriais que configuram exceções específicas, previstas na Convenção de Estocolmo. Para essas atividades, o PFOA, seus sais e compostos relacionados ao PFOA podem ser produzidos e utilizados desde que observados os critérios estabelecidos pela convenção. Qualquer país parte pode solicitar a inclusão de uma exceção específica se for observado que parte de sua atividade industrial depende dessas substâncias e não tem acesso a alternativas viáveis.

O Ministério do Meio Ambiente enviou ofício para 1.368 empresas e associações de empresas, incluindo setores industriais que possam utilizar o PFOA, seus sais e compostos relacionados ao PFOA em seus processos. Entre elas estão: Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção (ABIT); Associação Brasileira de Indústrias de Componentes para Couro e Calçados (ASSINTECAL); Instituto Brasileiro de Tecnologia do Couro, Calçados e Artefatos



(IBTeC); Associação Brasileira das Indústrias de Tapetes e Carpetes (ABRTAC); Associação dos Fabricantes de Estofados e Móveis Complementares (AFECOM); Associação Brasileira da Indústria Gráfica (Abrigaf); Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica (ABINEE); Instituto PVC; Associação Brasileira da Indústria do Plástico (ABIPLAST); Associação Brasileira da Indústria de Artigos e Equipamentos Médicos, Odontológicos, Hospitalares e de Laboratórios (ABIMO); Associação Brasileira da Indústria Química (ABIQUIM); Confederação Nacional da Indústria (CNI); Associação Brasileira de Tratamentos de Superfície (ABTS); Associação Brasileira da Indústria de Material Fotográfico e de Imagem (ABIMIFI); Associação Brasileira dos fabricantes de Tintas (ABRAFATI); Associação Brasileira de Equipamentos contra Incêndio e Cilindros de Alta Pressão (ABIEX); Associação Brasileira do Mercado de Limpeza Profissional (ABRALIMP).

Não houve retorno de nenhuma das 1.368 instituições consultadas no que diz respeito ao PFOA, seus sais e compostos relacionado ao PFOA.

2.2. Comércio

Foi realizada uma consulta no banco de dados, do Ministério da Economia (ME) (Comex Stat) sobre importação e exportação de PFOA, seus sais ou compostos relacionados ao PFOA em busca de códigos NCM (nomenclatura comum do Mercosul). Não foi encontrado nenhum NCM para o PFOA e para nenhum de seus 30 compostos relacionados listados pela OECD (OECD, 2007).

Sem códigos específicos, essas substâncias podem ser comercializadas sob códigos genéricos que incluam diversos produtos além dos de interesse, que dificultam ou impossibilitam a obtenção de dados sobre sua importação e exportação. É obrigação dos países parte da Convenção de Estocolmo estabelecer medidas de controle quanto à entrada e saída das substâncias listadas em seu território.

Buscou-se então códigos NCM para artigos em que o PFOA, seus sais ou os compostos relacionados ao PFOA possam ser utilizados em seus processos de fabricação, de acordo com as exceções específicas listadas pela Convenção.



Foram encontrados os seguintes NCM relacionados à extintores de incêndio: NCM 38130000 - Composições e cargas para aparelhos extintores; granadas e bombas extintoras; NCM 38130090 - Outras composições e cargas para aparelhos extintores; granadas e bombas extintoras; e NCM 84241000 - Extintores, mesmo carregados. No intervalo entre janeiro de 1997 e dezembro de 2019, o Brasil importou 21.933.796 quilogramas líquido dentro dos NCM descritos, no valor de 113.141.825 dólares. No mesmo intervalo, o Brasil exportou 28.871.506 quilogramas líquido dentro dos NCM descritos, no valor de 12.7943.410 dólares.

Foram encontrados os seguintes NCM relacionados à semicondutores: NCM 85415020 - Outros dispositivos semicondutores montados; NCM 85415010 - Outros dispositivos semicondutores não montados; NCM 85421329 - Outros semicondutores, tecnologia mos, montados, para montagem em superfície; NCM 85421399 - Outros semicondutores de óxido metálico, tecnologia mos; NCM 85421310 - Semicondutores de óxido metálico, tecnologia mos, não montados; NCM 85421325 - Semicondutores "chip-set", tecnologia mos, montados, para montagem em superfície; NCM 85421395 - Outros semicondutores "chip-set", de óxido metálico, tecnologia mos. No intervalo entre janeiro de 1997 e dezembro de 2019, o Brasil importou 2.844.268 quilogramas líquido dentro dos NCM descritos, no valor de 1.549.626.508 dólares. No mesmo intervalo, o Brasil exportou 120.459 quilogramas líquido dentro dos NCM descritos, no valor de 34.166.241 dólares.

Foram encontrados os seguintes NCM relacionados a revestimentos fotográficos: NCM 37079090 - Outras preparações químicas para usos fotográficos, etc; NCM 37071000 - Emulsões para sensibilização de superfícies, para uso fotográfico. No intervalo entre janeiro de 1997 e dezembro de 2019, o Brasil importou 16.041.613 quilogramas líquido dentro dos NCM descritos, no valor de 99.975.037 dólares. No mesmo intervalo, o Brasil exportou 12.778.695 quilogramas líquido dentro dos NCM descritos, no valor de 33.010.385 dólares.

É importante ressaltar que *nenhum* dos códigos NCM acima são específicos para o PFOA, seus sais e compostos relacionados ao PFOA. São códigos genéricos de artigos que podem conter essas substâncias em alguma fase dos seus processos de produção. Não é possível a partir dos dados acima estimar quantidades de PFOA comercializadas no Brasil. Apenas evidenciam, junto com o levantamento de indústrias que possam se utilizar do PFOA em seus processos, que a comercialização de artigos que podem utilizar PFOA, seus sais e compostos relacionados ao PFOA acontece no país e que medidas para apurar as informações necessárias para o desenvolvimento de inventários dessas substâncias devem ser desenvolvidas.



2.3. Aplicações e indústrias nacionais

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), órgão público, do Governo Federal, disponibiliza e atualiza anualmente, algumas variáveis relacionadas ao Cadastro Central de Empresas (CEMPRE). No site do Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA) é possível conseguir as seguintes variáveis do CEMPRE: número de empresas, número de unidades locais, pessoal ocupado total, pessoal assalariado, salários e outras remunerações e salário médio mensal, que podem ser desagregadas nos diversos níveis da Classificação Nacional de Atividades Econômicas – CNAE, bem como em diferentes níveis geográficos - Grandes Regiões, Unidades de Federação e Municípios.

A partir dos dados disponibilizados pelo CEMPRE, foi possível fazer um levantamento do número de empresas de diferentes setores de produção/atuação por unidade federativa. E, dessa forma, foi feita uma avaliação dos estados que concentram o maior número de empresas que possam fazer uso do PFOA, seus sais e dos compostos relacionados ao PFOA em alguma etapa do processo de produção de seus manufaturados. Com base nas descrições do CEMPRE, foi possível identificar um total de 238.906 empresas, dentro de 14 grandes categorias.

Os estados das regiões Sul e Sudeste abrigam a maior parte das indústrias que possam fazer uso de PFOA, seus sais e dos compostos relacionados ao PFOA em suas operações. O Estado de São Paulo chama a atenção por abrigar aproximadamente 31% de todas essas indústrias no país. O estado deve ser foco de ações futuras que visam avaliar a contaminação ambiental por PFOA no Brasil.



INDÚSTRIAS POSSIVELMENTE RELACIONADAS AO USO DE ÁCIDO PERFLUOROOCETANÓICO (PFOA) NO BRASIL

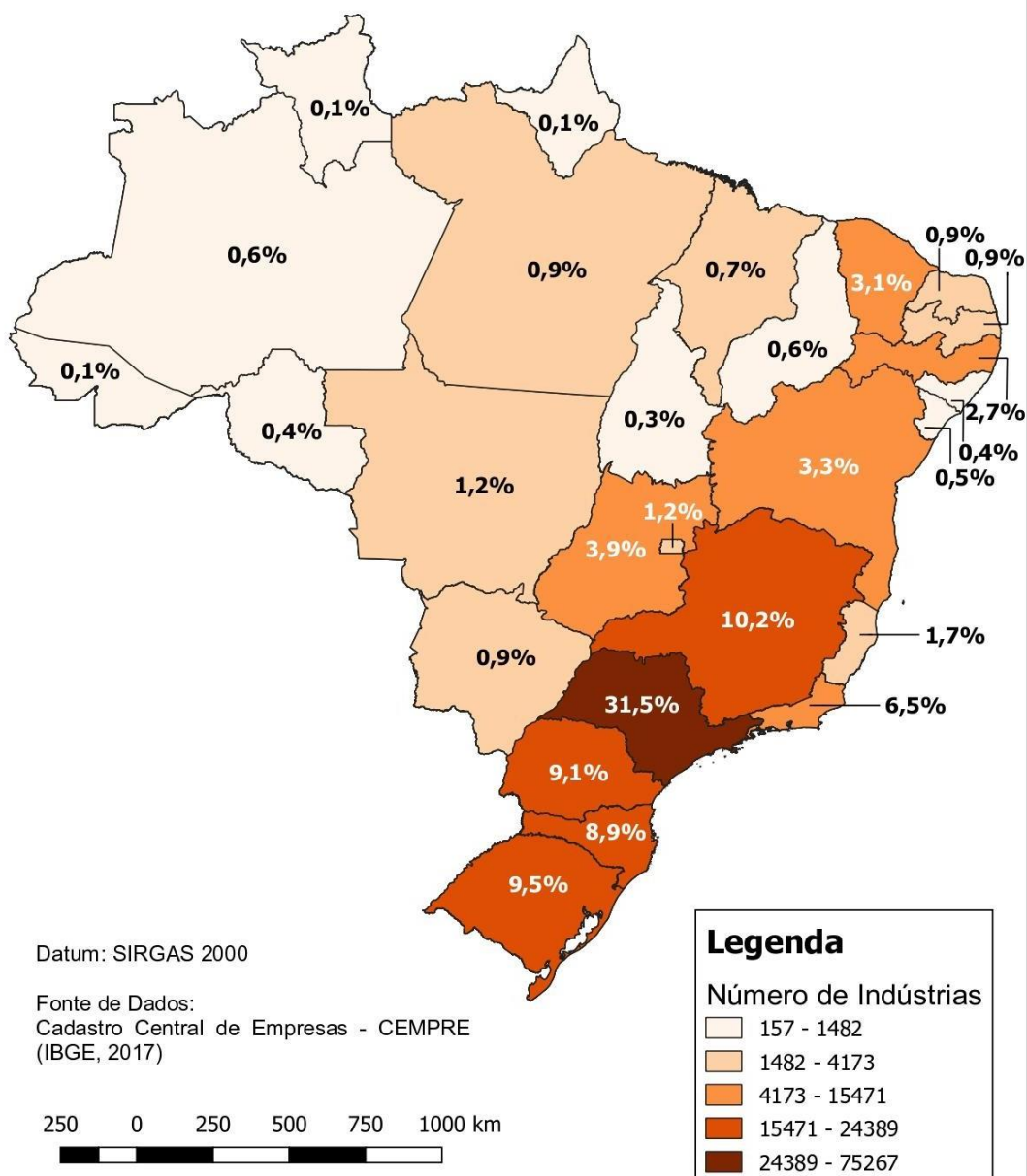


Figura 1: Número e percentual de indústrias por unidades federativas que possam eventualmente fazer aplicação de PFOA, seus sais e compostos relacionados ao PFOA em seus processos ou em seus produtos.



3. OCORRÊNCIA DE PFOS, SEUS SAIS E PFOA NO BRASIL

Foi realizada uma revisão da literatura científica para investigar a ocorrência de PFOA, seus sais e compostos relacionados ao PFOA no Brasil. O protocolo utilizado encontra-se no anexo 6.2. A figura 2 ilustra os dados obtidos a partir do protocolo utilizado. No total, foram selecionados 10 estudos que reportam ocorrências de PFOA em amostras ambientais brasileiras, seis em matrizes biológicas, três em matrizes abióticas e um em ambas.

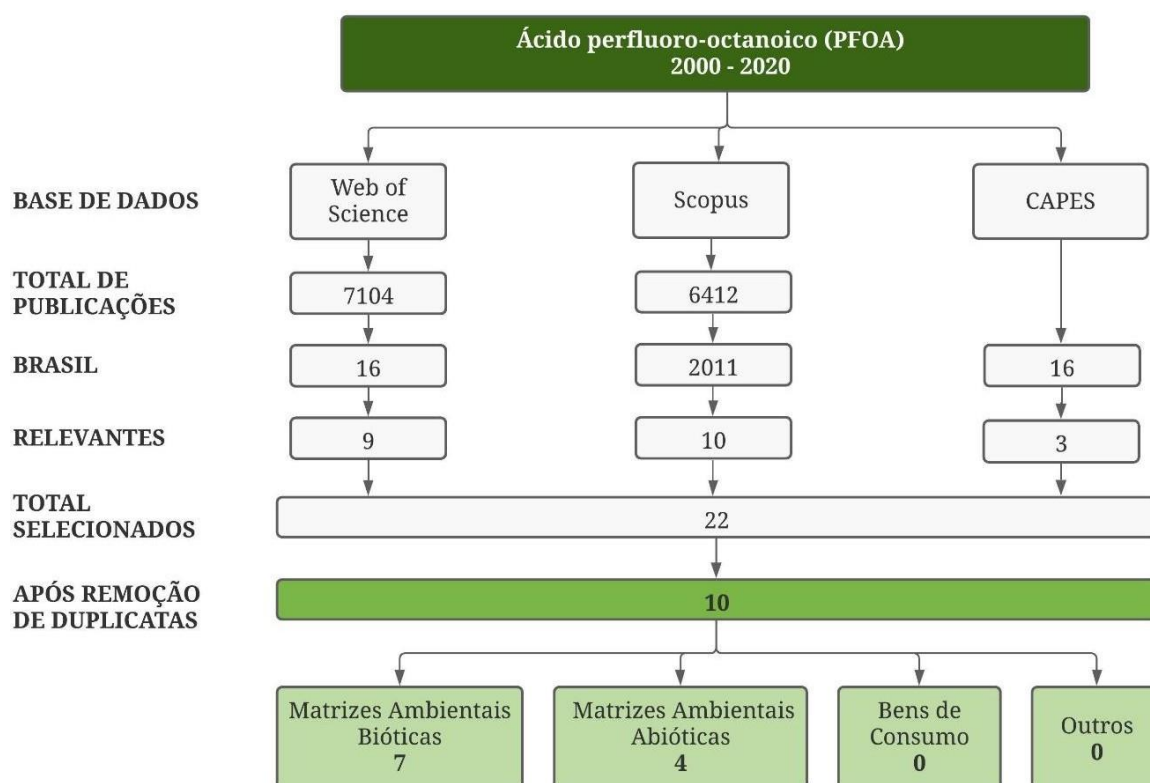


Figura 2: Fluxograma do protocolo seguido no processo de revisão sistemática da ocorrência de PFOA no Brasil.



3.1. PFOA em matrizes ambientais bióticas

Dos sete estudos que avaliaram a ocorrência de PFOA em amostras biológicas brasileiras, apenas três reportaram concentrações superiores aos limites de detecção estabelecidos por seus métodos (Tabela 2).

Tabela 2: Concentrações de PFOA (^a ng g⁻¹ p.u.; ^b ng mL⁻¹; ^c pg g⁻¹) de PFOA em matrizes ambientais bióticas brasileiras*.

Matriz (ano)	Área	Amostra (n ^o)	Média	Min. - Máx.	Referências
Aquático					
Peixe-espada (n.i.)	Rio Paraíba do Sul, RJ	Fígado (10)	0,58 ^a	< 0,46 - 0,74 ^a	[1]
		Músculo (5)	1,63 ^a	0,86 - 3,56 ^a	
	Baía de Guanabara, RJ	Fígado (12)	0,83 ^a	0,62 - 1,07 ^a	
		Músculo (4)	1,04 ^a	< 0,82 - 1,27 ^a	
Corvina (n.i.)	Rio Paraíba do Sul, RJ	Fígado (10)	0,47 ^a	< 0,46 - 0,71 ^a	
	Baía de Guanabara, RJ	Fígado (7)	0,52 ^a	< 0,46 - 0,60 ^a	
Boto-cinza (n.i.)	Rio Paraíba do Sul, RJ	Fígado (10)	1,12 ^a	0,70 - 1,86 ^a	
		Músculo (2)	3,99 ^a	< L.D. - 3,99 ^a	
		Rim (1)	1,68 ^a	1,68 ^a	
Tainha (n.i.)	Baía de Guanabara, RJ	Fígado (15)	0,87 ^a	0,6 - 1,42 ^a	
		Músculo (8)	3,39 ^a	1,98 - 4,65	
		Rim (17)	1,22 ^a	< 0,6 - 1,76 ^a	
Acará (n.i.)	Lagoa Rodrigo de Freitas, RJ	Fígado (10)	1,45 ^a	0,56 - 2,70 ^a	
	Lagoa Rodrigo de Freitas, RJ	Fígado (10)	17,6 ^a	3,36 - 31,4 ^a	
Tilápia (n.i.)	Lagoa Rodrigo de Freitas, RJ	Fígado (10)	1,56 ^a	0,91 - 2,23 ^a	
Mexilhão (n.i.)	Baía de Guanabara, RJ	Indivíduo (17)	3,71 ^a	< 0,84 - 14,90 ^a	
Humano					
Sangue (2010 - 2011)	Ribeirão Preto, SP	Sangue (252)	0,27 ^b	0,11 - 2,77 ^b	[2]
Alimento					
Alimento (2011 - 2013)	SP e RS	Diversos (38)	200 ^c	26,5 - 750 ^c	[3]

*Dados obtidos a partir de revisão da literatura científica disponível. n.i. = não informado; p.u. = peso úmido; L.D. = limite de detecção. Referências: [1] QUINETE *et al*, 2009; [2] SOUZA *et al*, 2020; [3] PEREZ *et al*, 2014



3.1.1. Aquático

Dorneles e colaboradores (DORNELES *et al*, 2008) publicaram o primeiro estudo onde se investigou a ocorrência de compostos per-e-polifluorinados (PFC – *per-and-polyfluorinated compounds*), incluindo o PFOA, em organismos aquáticos no Brasil. Os autores coletaram amostras de fígado de boto cinza (*Sotalia guianensis*) encalhadas em praias da Baía de Guanabara e em outras praias no estado do Rio de Janeiro. Em nenhuma das 29 amostras as concentrações de PFOA estavam acima dos limites de quantificação estabelecidos pelo método analítico.

No mesmo ano, em 2008, um estudo publicado por Leonel e colaboradores (LEONEL *et al*, 2008) investigou a ocorrência de PFCs, entre eles o PFOA, em 35 amostras de fígado de duas espécies de mamíferos marinhos, a toninha (*Pontoporia blainvillei*) e do lobo-marinho subantártico (*Arctocephalus tropicalis*), coletadas no litoral do Rio Grande do Sul. Novamente, em nenhuma das amostras analisadas as concentrações de PFOA estiveram acima dos limites de quantificação estabelecidos pelo método analítico.

No ano seguinte, Quinete e colaboradores (QUINETE *et al*, 2009) foram os primeiros a relatar concentrações de PFOA em organismos aquáticos no Brasil. Eles investigaram perfis de PFAS (*perfluoroalkyl substances*), incluindo o PFOS, em amostras de peixes, mexilhões e cetáceos coletados no Estado do Rio de Janeiro. Dos peixes foram coletadas amostras de fígado e músculo e dos golfinhos foram coletados fígado, músculo e rim. Peixe-espada (*Lepidopus caudatus*), corvina (*Micropogonias furnieri*) e boto-cinza (*Sotalia guianensis*) foram coletados no Rio Paraíba do Sul, próximo ao município de Campos dos Goytacazes, e na Baía de Guanabara. Mexilhão (*Perna perna*) foi coletado na Baía de Guanabara. Tainha (*Mugil iza*) foi coletada na Baía de Guanabara e na Lagoa Rodrigo de Freitas, no município do Rio de Janeiro. Acará (*Geophagus brasiliensis*) e tilápia (*Tilapia rendalli*) foram coletados também na Lagoa Rodrigo de Freitas.

Para as amostras de fígado, as concentrações de PFOA estão descritas a seguir. Em peixes-espada do Rio Paraíba do Sul (n=10) e da Baía de Guanabara (n=12), as concentrações de PFOA variaram entre < 0,46 e 0,74 ng g⁻¹ de peso úmido e 0,62 e 1,07 ng g⁻¹ de peso úmido, respectivamente. Em corvinas do Rio Paraíba do Sul (n=10) e da Baía de Guanabara (n=7), as



concentrações de PFOA variaram entre $< 0,46$ e $0,71 \text{ ng g}^{-1}$ de peso úmido e $< 0,46$ e $0,60 \text{ ng g}^{-1}$ de peso úmido, respectivamente. Nos boto-cinza do Rio Paraíba do Sul ($n=10$), as concentrações de PFOA variaram entre $0,70$ e $1,86 \text{ ng g}^{-1}$ de peso úmido. Para tainhas da Baía de Guanabara ($n=15$) e da Lagoa Rodrigo de Freitas ($n=10$), as concentrações de PFOA variaram entre $0,60$ e $1,42 \text{ ng g}^{-1}$ de peso úmido e $0,56$ e $2,70 \text{ ng g}^{-1}$ de peso úmido, respectivamente. Para acarás e tilápias da Lagoa Rodrigo de Freitas ($n=10$ e $n=10$), as concentrações variaram entre $3,36$ e $31,4 \text{ ng g}^{-1}$ de peso úmido e $0,91$ e $2,23 \text{ ng g}^{-1}$ de peso úmido, respectivamente.

As concentrações de PFOA em músculo para as espécies investigadas estão descritas a seguir. Em peixes-espada no Rio Paraíba do Sul ($n=5$) e na Baía de Guanabara ($n=4$) as concentrações variaram entre $0,86$ e $3,56 \text{ ng g}^{-1}$ de peso úmido e $< 0,82$ e $1,27 \text{ ng g}^{-1}$ de peso úmido, respectivamente. Em uma única amostra de boto-cinza do Rio Paraíba do Sul, a concentração foi de $3,99 \text{ ng g}^{-1}$ de peso úmido. As concentrações de PFOA em corvinas em ambas as localidades ficaram abaixo dos limites de detecção estabelecidos pelo método analítico. Em tainhas da Baía de Guanabara ($n=8$), as concentrações de PFOA variaram entre $1,98$ e $4,65 \text{ ng g}^{-1}$ de peso úmido. Em nenhum dos peixes da Lagoa Rodrigo de Freitas foi coletado músculo.

A concentração de PFOA em uma única amostra de rim de boto-cinza do Rio Paraíba do Sul foi de $1,68 \text{ ng g}^{-1}$ de peso úmido. Em rins de tainhas da Baía de Guanabara ($n=17$), as concentrações de PFOA variaram entre $< 0,6$ e $1,76 \text{ ng g}^{-1}$ de peso úmido. Para nenhuma das outras espécies e localidades foram coletadas amostras de rins.

As concentrações de PFOA em mexilhões *Perna perna* variaram entre $< 0,84$ e $14,90 \text{ ng g}^{-1}$ de peso úmido. Os autores ressaltam que as concentrações de PFOA encontradas são inferiores do que aquelas reportadas na literatura para peixes e cetáceos do hemisfério norte. As concentrações encontradas são menores também quando comparadas as concentrações de PFOS encontradas no mesmo estudo.

A baixa ocorrência e as baixas concentrações de PFOA encontradas nos três estudos podem refletir uma baixa ocorrência de PFOA, seus sais e compostos relacionados ao PFOA na região.



3.1.2. Terrestre

O único trabalho que reporta a ocorrência de PFOA em matrizes biológicas terrestres foi feito por Nascimento e colaboradores em 2018 (NASCIMENTO *et al*, 2018). Investigou-se a ocorrência de PFAS, entre eles o PFOA, em folhas de eucalipto (*Eucalyptus sp.*) em 11 plantações de eucalipto ao longo do sul do Estado da Bahia. O PFOA não foi detectado em nenhuma das amostras.

3.1.3. Humano

Somente dois estudos investigaram a ocorrência de PFOA em amostras de seres humanos. Kannan e colaboradores (KANNAN *et al*, 2004) investigaram a ocorrência de PFCs, incluindo o PFOS, em 473 amostras de sangue, soro e plasma humano de diversos países, incluindo o Brasil. As 29 amostras brasileiras foram coletadas no município de Rio Grande, no Rio Grande do Sul. As concentrações de PFOA em todas as amostras brasileiras ficaram abaixo dos limites de quantificação estabelecidos pelo método analítico.

Em 2020, Souza e colaboradores (SOUZA *et al*, 2020) publicaram estudo em que investigam a exposição a PFCs, incluindo o PFOA, em gestantes brasileiras. Foram coletadas amostras de sangue de 252 mulheres no segundo trimestre de gestação em Ribeirão Preto, no estado de São Paulo. As concentrações de PFOA foram detectadas em 67,9% das amostras e variaram entre 0,11 e 2,77 ng mL⁻¹. Foi encontrado também uma correlação positiva entre as concentrações de PFOA e a restrição do crescimento fetal. A média das concentrações de PFOA encontradas em gestantes brasileiras foi inferior a médias reportadas na literatura para outros países, como Espanha, EUA, Dinamarca, Suécia e Noruega.

Apesar de ser realizado com uma população pequena, específica e que não reflete a população brasileira como um todo, a ocorrência de PFOA no sangue de gestante e a sua possível associação com restrições ao crescimento fetal evidencia um possível problema à saúde humana no Brasil. O mesmo já foi reportado na literatura científica em outros países (WASHINO *et al*, 2007). É preciso uma investigação mais abrangente da população brasileira para melhor se entender a presença e os efeitos que o PFOA pode ter sobre os brasileiros.



3.1.4. Alimento

Em 2014, Perez e colaboradores (PEREZ *et al*, 2014) investigaram a ocorrência de PFCs, incluindo o PFOA, em amostras de alimentos diversos adquiridos em diferentes países, incluindo o Brasil. No Brasil, 38 amostras foram adquiridas nas cidades de São Paulo, São Sebastião e Ilhabela, no Estado de São Paulo e em Porto Alegre, no Rio Grande do Sul.

Os alimentos são das seguintes categorias: cereais, raízes com amido, castanhas, óleos vegetais, vegetais e frutas, carne, leite, produtos lácteos e ovos, peixes e frutos do mar, outros. Segundo os autores, o PFOA foi encontrado em 22,4% dos alimentos brasileiros amostrados, sendo o peixe e os frutos do mar os maiores contribuintes para a ingestão diária dessas substâncias. Nos alimentos brasileiros, carnes ficaram em segundo lugar, seguido por cereais, raízes com amido, castanhas e óleos vegetais, leite, produtos lácteos e ovos e por último frutas e vegetais. As concentrações de PFOA nas amostras brasileiras variaram entre 26,5 e 750 pg g^{-1} . Os autores calcularam o risco associado a ingestão desses alimentos pela contaminação por PFOA. Todos os alimentos brasileiros ficaram abaixo do limite aceitável de resíduos.

No estudo de Perez e colaboradores, as concentrações de PFOA nos alimentos deve maior ocorrência e concentrações mais altas quando comparados a outros PFCs, incluindo o PFOS. Os dados evidenciam a presença de PFOA no Brasil, principalmente no Estado de São Paulo, onde a maior parte das indústrias estão localizadas.

3.2. PFOS em matrizes ambientais abióticas

Os dados de concentrações dos quatro artigos publicados relatando a ocorrência de PFOA em matrizes ambientais abióticas estão presentes na tabela 3.



Tabela 3: Concentrações de PFOA (^a pg g⁻¹; ^b ng L⁻¹;) de PFOA em matrizes ambientais abióticas brasileiras*.

Matriz (ano)	Área	Amostra (n ^o)	Média	Min. - Máx.	Referências
Solos e sedimentos					
Sedimento (2016)	Estado da Bahia	Caravelas, BA	33,28 ^a	< 26 – 58 ^a	[1]
Água					
Água (n.i.)	Rio de Janeiro	Potável (26)	1,14 ^b	0,35 - 2,82 ^b	[2]
	Rio Paraíba do Sul, RJ	Superficial (15)	0,92 ^b	< 0,09 - 1,22 ^b	
	Baía de Guanabara, RJ	Superficial (12)	1,76 ^b	0,77 - 3,25 ^b	
Água (2015)	Baía de Todos os Santos, BA	Superficial (7)	210,17 ^c	92 – 298 ^c	[3]
Água (n.i.)	Porto Alegre, RS	Potável (21)	16 ^b	3,0 – 46 ^b	[4]
		Mineral (9)	7,6 ^b	3,4 – 12 ^b	
Água (2016)	Rio Itanhém, BA	Superficial (5)	775,8 ^b	186 – 2850 ^b	[1]
	Alcaçoba, BA	Poço (1)	1650 ^c	1650 ^c	

*Dados obtidos a partir de revisão da literatura científica disponível. n.i. = não informado. Referências: [1]

NASCIMENTO *et al*, 2018; [2] QUINETE *et al*, 2009; [3] LOFSTEDT GILLJAM *et al*, 2015; [4] SCHWANZ *et al*, 2016.

3.2.1. Solos e sedimentos

Nascimento e colaboradores (NASCIMENTO *et al*, 2018), investigaram a ocorrência de PFOS em dez amostras de sedimentos estuarinos na costa do município de Caravelas, no Estado da Bahia, e em 17 amostras de solo de plantações de eucalipto (*Eucalyptus sp.*) ao longo do sul do Estado da Bahia. Nenhuma das amostras de solo apresentaram concentrações de PFOA. Nos sedimentos, as concentrações de PFOA variaram entre < 26 e 58 pg g⁻¹.

3.2.2. Água

Em 2008, Quinete e colaboradores (QUINETE *et al*, 2008), publicaram o primeiro estudo relatando a ocorrência de PFOA em água no Brasil. O estudo investigou os perfis de PFAS, incluindo o PFOA, em água potável da pia em residências e shoppings em 12 bairros da cidade do Rio de Janeiro, em águas do Rio Paraíba do Sul e da Baía de Guanabara, ambos no Estado do Rio de Janeiro.



Concentrações de PFOA foram encontradas em todas as amostras de água potável, variando entre 0,35 e 2,82 ng L⁻¹. Segundo os autores, as concentrações diferem dos perfis encontrados por outros autores em outros países, como EUA e Japão. A ingestão diária de PFOA através do consumo de água na cidade do rio de Janeiro esteve abaixo dos limites máximos aceitáveis estabelecidos por agências reguladoras. Nas águas do Rio Paraíba do Sul, as concentrações variaram entre < 0,09 e 1,22 ng L⁻¹. Na Baía de Guanabara, as concentrações variaram entre 0,77 e 3,25 ng L⁻¹.

Em 2015, Lofstedt Gilljam e colaboradores (LOFSTEDT GILLJAM *et al*, 2015) determinaram as concentrações de PFCs, incluindo o PFOA, em sete amostras de água superficial na Baía de Todos os Santos e no Rio Paraguaçu, no Estado da Bahia. Somente em uma amostra o PFOA não foi detectado. Em todas as outras, as concentrações de PFOA variaram entre 92 e 298 pg L⁻¹. O trabalho compara as concentrações encontradas nas águas brasileiras com concentrações encontradas em águas de um lago em Estocolmo, na Suécia, onde as concentrações estiveram uma ordem de magnitude acima. Os autores não discutem a ocorrência do PFOA nas amostras, mas destacam que a Baía de Todos os Santos recebe despejo de efluentes industriais e esgoto doméstico.

Schwanz e colaboradores, em estudo publicado em 2016, (SCHWANZ *et al*, 2016) investigaram a ocorrência de PFAS, incluindo o PFOA, em água potável da torneira e engarrafada na França, na Espanha e no Brasil. Foram coletadas, no Brasil, 21 amostras de água potável da torneira e nove amostras de água engarrafada na região metropolitana de Porto Alegre, no Estado do Rio Grande do Sul. O PFOA foi detectado em um terço das amostras de água engarrafada, as concentrações nas amostras variaram entre 3,4 e 12 ng L⁻¹. Concentrações de PFOA foram detectadas também em um terço das amostras de água potável da torneira e variaram entre 3,0 e 46,0 ng L⁻¹. As concentrações de PFOA em água potável de torneiras brasileiras estiveram na mesma faixa que as encontradas nas amostras da França e da Espanha. A ingestão diária de PFOA através do consumo de água foi calculada e ficou abaixo dos valores máximos aceitáveis estabelecidos por agência reguladoras internacionais.

Em 2018, Nascimento e colaboradores (NASCIMENTO *et al*, 2018), publicaram estudo onde investigaram a ocorrência de PFOA em dez amostras de água superficial marinha e estuarina no município de Caravelas, em cinco amostras de águas superficiais no Rio Itanhém,



no município de Alcobaça, e em água de poço no município de Alcobaça, todos no Estado da Bahia. O PFOA não foi detectado em nenhuma das amostras coletadas no município de Caravelas. Nas águas do rio Itanhém e na água de poço o PFOA foi encontrado em todas as amostras. As concentrações variaram entre 186 e 2850 $\mu\text{g L}^{-1}$.

Mais uma vez, a ocorrência de PFOA em amostras ambientais brasileiras evidência sua presença no país. Mesmo estando abaixo dos níveis considerado danosos à saúde humana, a falta de dados sobre produção e uso do PFOA, seus sais e compostos relacionados ao PFOA no Brasil não permite a gestão desses resíduos nem a identificação de possíveis fontes poluidoras.



4. PLANO DE AÇÃO

Não foram reportados pelo setor industrial usos atuais de PFOA, seus sais e compostos relacionados ao PFOA no Brasil, isto dificultou a realização do inventário dessas substâncias.

No entanto, há informações de que o uso predominante é do sal perfluorooctanoato de amônio, o APFO (CAS 3825-26-1), usado na produção de fluoropolímeros como o PTFE. No Brasil, este é usado na indústria de utensílios de cozinha, de higiene pessoal, de revestimentos de superfície, de fabricação de cabos e mangueiras e a própria indústria do plástico (ECHA, 2015; UNEP, 2016).

Porém, como as substâncias foram (e ainda são) utilizadas em diversas aplicações, é possível que ainda existam usos remanescentes, para os quais poderão ser solicitadas exceções específicas quando identificados. Em uma próxima atualização do Plano Nacional de Implementação, o Inventário poderá ser atualizado.

Poucos estudos estão disponíveis sobre a ocorrência de PFOA no Brasil. Porém, a ocorrência do PFOA em amostras ambientais no Brasil, mesmo que baixas quando comparadas a outros PFAS e a outras localidades, evidencia a presença do composto e seus compostos relacionados.



5. REFERÊNCIAS

- APELBERG, Benjamin J. et al. Cord serum concentrations of perfluorooctane sulfonate (PFOS) and perfluorooctanoate (PFOA) in relation to weight and size at birth. *Environmental health perspectives*, v. 115, n. 11, p. 1670-1676, 2007. <https://doi.org/10.1289/ehp.10334>.
- DORNELES, Paulo R. et al. High accumulation of perfluorooctane sulfonate (PFOS) in marine tucuxi dolphins (*Sotalia guianensis*) from the Brazilian coast. *Environmental science & technology*, v. 42, n. 14, p. 5368-5373, 2008. <https://doi.org/10.1021/es800702k>.
- ECHA. Background document to the Opinion on the Annex XV dossier proposing restrictions on Perfluorooctanoic acid (PFOA), PFOA salts and PFOA-related substances. Publicado em 4 de dezembro 2015. Disponível em: <http://echa.europa.eu/documents/10162/fa20d0e0-83fc-489a-9ee9-01a68383e3c0>. Acessado em 15 de outubro de 2020.
- EFSA. Risk for animal and human health related to the presence of dioxins and dioxin-like PCBs in feed and food. *EFSA Journal* 2018;16(11):5333. 2018a. <https://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/5333>.
- EFSA. Risk to human health related to the presence of perfluorooctane sulfonic acid and perfluoro-octanoic acid in food. *EFSA Journal* 2018;16(12):5194. 2018b. <https://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/5194>
- EURATEX. European Apparel and Textile Confederation. Annex F form. Submetido em 9 de dezembro de 2016. Disponível em: <http://chm.pops.int/TheConvention/POPsReviewCommittee/Meetings/POPRC12/POPRC12Followup/PFOAInfo/tabid/5453/Default.aspx>. Acessado em 20 de outubro de 2020.
- FEI, Chunyuan et al. Prenatal exposure to perfluorooctanoate (PFOA) and perfluorooctanesulfonate (PFOS) and maternally reported developmental milestones in infancy. *Environmental health perspectives*, v. 116, n. 10, p. 1391-1395, 2008. <https://doi.org/10.1289/ehp.11277>.
- IPEN. International POPs Elimination Network. Annex F information. Submetido em 9 de dezembro de 2016. Disponível em: <http://chm.pops.int/TheConvention/POPsReviewCommittee/Meetings/POPRC12/POPRC12Followup/PFOAInfo/tabid/5453/Default.aspx>. Acessado em: 20 de outubro de 2020.
- I&P EUROPE. Imaging & Printing Association Europe. Annex F form. Submetido em 24 de novembro de 2016. Disponível em: <http://chm.pops.int/TheConvention/POPsReviewCommittee/Meetings/POPRC12/POPRC12Followup/PFOAInfo/tabid/5453/Default.aspx>. Acessado em 20 de outubro de 2020.
- KANNAN, Kurunthachalam et al. Perfluorooctanesulfonate and related fluorochemicals in human blood from several countries. *Environmental science & technology*, v. 38, n. 17, p. 4489-4495, 2004. <https://doi.org/10.1021/es0493446>.



LEE, Jennifer 8. E.P.A. orders companies to examine effects of chemicals. New York Times. 15 de abril de 2003. Disponível em: <https://www.nytimes.com/2003/04/15/science/epa-orders-companies-to-examine-effects-of-chemicals.html?pagewanted=2>. Acessado em 15 de outubro de 2020.

LERNER, Sharon. The Teflon toxin. The Intercept. 11, 17 e 20 de Agosto de 2015. Disponível em: <https://theintercept.com/series/the-teflon-toxin/>. Acessado em 15 de outubro de 2020.

LEONEL, Juliana et al. A baseline study of perfluorochemicals in Franciscana dolphin and Subantarctic fur seal from coastal waters of Southern Brazil. Marine pollution bulletin, v. 56, n. 4, p. 778-781, 2008. <https://tinyurl.com/y3s2uqgf>.

LI, Li et al. Estimating industrial and domestic environmental releases of perfluorooctanoic acid and its salts in China from 2004 to 2012. Chemosphere, v. 129, p. 100-109, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2014.11.049>.

LÖFSTEDT GILLJAM, John et al. Is ongoing sulfluramid use in South America a significant source of perfluorooctanesulfonate (PFOS)? Production inventories, environmental fate, and local occurrence. Environmental science & technology, v. 50, n. 2, p. 653-659, 2016. <https://doi.org/10.1021/acs.est.5b04544>.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). Inventário Nacional de Novos Poluentes Orgânicos Persistentes (Novos POPs) de uso industrial Convenção de Estocolmo. Brasília, 2015. [https://antigo.mma.gov.br/images/arquivo/80037/Convencao%20de%20Estocolmo/Inventario s/livro inventario uso industrial novas%20correcoes.pdf](https://antigo.mma.gov.br/images/arquivo/80037/Convencao%20de%20Estocolmo/Inventario%20s/livro_inventario_use_industrial_novas%20correcoes.pdf).

MOHER, D. et al. The PRISMA Group. Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. Disponível em: www.prisma-statement.org. Tradução: GALVÃO, T. F., PANSANI, T. S. A., 2015. Principais itens para relatar Revisões sistemáticas e Meta-análises: A recomendação PRISMA. Epidemiol. Serv. Saúde, v. 24, n. 2, 2015. <https://doi.org/10.5123/S1679-49742015000200017>

NASCIMENTO, Rodrigo A. et al. Sulfluramid use in Brazilian agriculture: A source of per- and polyfluoroalkyl substances (PFASs) to the environment. Environmental Pollution, v. 242, p. 1436-1443, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.07.122>.

OECD. Lists of PFOS, PFAS, PFOA, PFCA, Related Compounds and Chemicals that may degrade to PFCA (as revised in 2007). Organization for Economic Co-operation and Development, 21-Aug-2007. ENV/JM/MONO 15. 2007. www.pops.int/Implementation/NationalImplementationPlans/Guidance/tabid/7730/ctl/Download/mid/20996/Default.aspx?id=4&ObjID=27884.

OECD. Working towards a global emission inventory of PFASs: focus on PFCAs -status quo and the way forward. Organization for Economic Co-operation and Development, 4-Sep-2015. <https://www.oecd.org/chemicalsafety/Working%20Towards%20a%20Global%20Emission%20Inventory%20of%20PFASS.pdf>.



OLSEN, Geary W. et al. Half-life of serum elimination of perfluorooctanesulfonate, perfluorohexanesulfonate, and perfluorooctanoate in retired fluorochemical production workers. *Environmental health perspectives*, v. 115, n. 9, p. 1298-1305, 2007. <https://doi.org/10.1289/ehp.10009>.

PÉREZ, Francisca et al. Assessment of perfluoroalkyl substances in food items at global scale. *Environmental research*, v. 135, p. 181-189, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2014.08.004>.

QUINETE, Natalia et al. Specific profiles of perfluorinated compounds in surface and drinking waters and accumulation in mussels, fish, and dolphins from southeastern Brazil. *Chemosphere*, v. 77, n. 6, p. 863-869, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2009.07.079>.

SCHWANZ, Thiago G. et al. Perfluoroalkyl substances assessment in drinking waters from Brazil, France and Spain. *Science of the total environment*, v. 539, p. 143-152, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.08.034>.

SOUZA, Marilia Cristina Oliveira et al. Exposure to per-and polyfluorinated alkyl substances in pregnant Brazilian women and its association with fetal growth. *Environmental Research*, p. 109585, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109585>.

TAVES, Donald R. Evidence that there are two forms of fluoride in human serum. *Nature*, v. 217, n. 5133, p. 1050-1051, 1968.

TORRES, João Paulo Machado et al. Landfill mining from a deposit of the chlorine/organochlorine industry as source of dioxin contamination of animal feed and assessment of the responsible processes. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 20, n. 4, p. 1958-1965, 2013. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-012-1073-z>.

UNEP. Risk management evaluation on pentadecafluorooctanoic acid (PFOA, perfluorooctanoic acid), its salts and PFOA-related compounds. Persistent Organic Pollutants Review Committee. 2017; UNEP/POPS/POPRC.13/7/Add.2. Disponível em: <http://www.pops.int/Default.aspx?tabid=5965>.

UNEP. Addendum to the risk management evaluation on perfluorooctanoic acid (PFOA), its salts and PFOA-related compounds. Persistent Organic Pollutants Review Committee. 2018; UNEP/POPS/POPRC.14/6/Add.2. Disponível em: <http://www.pops.int/Default.aspx?tabid=5965>.

USEPA. Fact sheet: 2010/2015 PFOA Stewardship Program. Disponível em: <https://www.epa.gov/assessing-and-managing-chemicals-under-tsca/fact-sheet-20102015-pfoa-stewardship-program>. Acessado em: 15 de outubro de 2020.

VAN DER PUTTE, Iksan et al. Analysis of the risk arising from the industrial use of Perfluorooctanoic Acid (PFOA) and Ammonium Perfluorooctanoate (APFO) and from their use in consumer articles. Evaluation of the risk reduction measures for potential restrictions on the manufacture, placing on the market and use of PFOA and APFO. European Commission. DG Enterprise and Industry. Report TOX08.7049.FR03. 2010.



VTB SWT. VTB-Bavarian Textile and apparel association in cooperation with SWT-South-western textile association. Annex F form. Submetido em 9 de dezembro de 2016. Disponível em:

<http://chm.pops.int/TheConvention/POPsReviewCommittee/Meetings/POPRC12/POPRC12Followup/PFOAInfo/tabid/5453/Default.aspx>. Acessado em: 20 de outubro de 2020.

WANG, Zhanyun et al. Toward a comprehensive global emission inventory of C4–C10 perfluoroalkanesulfonic acids (PFSAs) and related precursors: focus on the life cycle of C8-based products and ongoing industrial transition. *Environmental science & technology*, v. 51, n. 8, p. 4482-4493, 2017. <https://doi.org/10.1021/acs.est.6b06191>.

WASHINO, Noriaki et al. Correlations between prenatal exposure to perfluorinated chemicals and reduced fetal growth. *Environmental health perspectives*, v. 117, n. 4, p. 660-667, 2008. <https://doi.org/10.1289/ehp.11681>.

WEBER, R. Learning from Dioxin & PCBs in meat—problems ahead?. In: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing, 2017. p. 012002. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/85/1/012002/meta>.

WEBER, Roland et al. Reviewing the relevance of dioxin and PCB sources for food from animal origin and the need for their inventory, control and management. *Environmental Sciences Europe*, v. 30, n. 1, p. 42, 2018. <https://link.springer.com/article/10.1186/s12302-018-0166-9>.



6. ANEXOS

6.1. Tabelas de balanço comercial

Tabela A1: Valores de importação e exportação de artigos relacionados a extintores de combate a incêndio, no período de janeiro de 1997 a dezembro de 2019. Dados disponíveis na plataforma Comex Stat (<http://comexstat.mdic.gov.br>) para os códigos de Nomenclatura Comum do Mercosul (NCM).

NCM	ANO	IMPORTAÇÃO (kg)	EXPORTAÇÃO (kg)
38130000	1997	358918	26422
	1998	321172	12471
	1999	221068	5485
	2000	320752	21702
	2001	430445	15127
	2002	432491	77777
	2003	429255	14825
	2004	558314	28568
	2005	521245	27760
	2006	563231	61389
	2007	893100	48207
	2008	0	2015
	38130090	2008	1135577
2009		611285	22392
2010		1392128	46479
2011		1233751	105645
2012		1201335	47326
2013		1340006	10232
2014		2074801	6221
2015		5282590	3441
2016		557977	220307
2017		353893	506415
84241000	1997	19932	953315
	1998	51925	1000638
	1999	14623	896548



2000	9203	1072352
2001	28065	1189460
2002	16050	806234
2003	8512	1045957
2004	18751	1165799
2005	24814	1522599
2006	34574	1512554
2007	40045	1632146
2008	39472	1856320
2009	16462	1639030
2010	24164	1476451
2011	25602	1704713
2012	19755	1530113
2013	67776	1299255
2014	79960	1029117
2015	47757	911347
2016	22710	719759
2017	27692	923480
2018	38620	946028
2019	22192	659159



Tabela A2: Valores de importação e exportação de artigos relacionados a indústria de semicondutores que possam incluir PFOA, seus sais e compostos relacionados ao PFOA, no período de janeiro de 1997 a dezembro de 2019. Dados disponíveis na plataforma Comex Stat (<http://comexstat.mdic.gov.br>) para os códigos de Nomenclatura Comum do Mercosul (NCM).

NCM	ANO	IMPORTAÇÃO (kg)	EXPORTAÇÃO (kg)
85415010	1997	9958	855
	1998	4046	592
	1999	4753	488
	2000	2043	121
	2001	6908	58
	2002	1879	34
	2003	351	21
	2004	25315	13
	2005	30029	536
	2006	24980	413
	2007	20790	28
	2008	14538	38
	2009	8890	56
	2010	14851	770
	2011	3026	58
	2012	3061	20
	2013	4163	85
	2014	1399	5
	2015	1079	2
	2016	953	0
2017	1422	1	
2018	707	34	
2019	581	7	
85415020	1997	4284	644
	1998	9306	2121
	1999	6568	1163
	2000	21970	17
	2001	33797	312
	2002	55882	70
	2003	73198	162



	2004	23905	7020
	2005	17752	15757
	2006	13326	11223
	2007	27255	9367
	2008	91218	4607
	2009	66893	2071
	2010	77686	4104
	2011	31307	4161
	2012	33565	5273
	2013	27688	6438
	2014	27554	5315
	2015	9808	8091
	2016	4806	1227
	2017	13364	284
	2018	15546	583
	2019	11704	356
85421310	1997	7299	359
	1998	12587	670
	1999	15367	238
	2000	37105	8
	2001	56031	39
	2002	4	1384
85421325	1997	28408	1
	1998	33078	18
	1999	35630	9
	2000	48244	156
	2001	27752	263
	2002	125	0
85421329	1997	242013	368
	1998	146174	217
	1999	175724	1754
	2000	207339	2991
	2001	183723	11963
	2002	667	3018
	2007	466	0



85421395	1997	5341	0
	1998	99808	0
	1999	12225	0
	2000	11985	0
	2001	8263	0
	2002	2	0
85421399	1997	104663	471
	1998	121185	44
	1999	98667	654
	2000	119592	194
	2001	120435	778
	2002	262	261



Tabela A3: Valores de importação e exportação de artigos relacionados a indústria fotográfica que possam incluir PFOA, seus sais e compostos relacionados ao PFOA, no período de janeiro de 1997 a dezembro de 2019. Dados disponíveis na plataforma Comex Stat (<http://comexstat.mdic.gov.br>) para os códigos de Nomenclatura Comum do Mercosul (NCM).

NCM	ANO	IMPORTAÇÃO (kg)	EXPORTAÇÃO (kg)
37071000	1997	57858	16613
	1998	55710	11576
	1999	117623	11843
	2000	91181	41757
	2001	65204	10581
	2002	57614	120503
	2003	75114	22960
	2004	105914	42084
	2005	59289	60969
	2006	47879	52087
	2007	40913	48611
	2008	76592	56214
	2009	67289	75289
	2010	75746	48178
	2011	91227	54719
	2012	70049	53011
	2013	74249	45101
	2014	69688	35592
	2015	46848	28311
	2016	61429	26176
2017	70084	26988	
2018	90769	28846	
2019	70233	27451	
37079090	1997	606664	261859
	1998	525084	1371361
	1999	727212	1265635
	2000	795988	1388765
	2001	771748	1178397
	2002	697153	856036
	2003	758575	932060
	2004	620155	1003185



2005	1386365	768311
2006	1332079	254614
2007	1074387	251189
2008	1074010	240723
2009	936387	206144
2010	709295	250421
2011	490868	234113
2012	427234	196168
2013	345930	255413
2014	369356	142541
2015	213838	84693
2016	141395	96633
2017	175022	95921
2018	113439	188192
2019	110927	310861



6.2. Protocolo para revisão sistemática

Para uma avaliação completa a respeito da ocorrência dos POP, se faz necessário – além das investigações diretas com as partes interessadas e levantamentos previamente descritos ao longo desse inventário – revisar a produção acadêmica nacional e internacional em busca de relatos científicos que apontem a ocorrência de tais substâncias no país; seja em produtos disponibilizados no mercado consumidor interno, ou seja em matrizes ambientais nativas.

Com essa finalidade, foi estabelecido um processo de revisão sistemática para obtenção de dados com base no protocolo PRISMA (“Principais itens para relatar Revisões sistemáticas e Meta-análises”, 2015). O método PRISMA envolve a definição de critérios de busca e seleção rígidos para definir as publicações que serão consideradas para a revisão. Duas bases de dados específicas para a busca de publicações científicas revisadas pelos pares foram utilizadas, sendo elas: *Web of Science* e SCOPUS. Além dessas, a plataforma Sucupira da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) para Teses e Dissertações (base nacional) foi consultada para se obter uma visão da produção de conhecimento a respeito de POP pela pós-graduação brasileira. A revisão foi realizada no período de 28 de setembro até 28 de outubro de 2020.

Nas duas bases de dados específicas internacionais (*Web of Science* e SCOPUS), foi feito primeiramente um levantamento de trabalhos que mencionassem o nome do composto ou sua sigla, bem como nomes e siglas de compostos. Em ambas as bases de dados, as buscas foram feitas em inglês e utilizando caracteres curingas para a variação de palavras chaves.

As buscas por trabalhos que mencionassem PFOA no site *Web of Science* incluíram os seguintes termos: TS=(PFOS) OR TS=(PFOSF) OR TS=(perfluorooctane sulfonic acid) OR TS=(perfluorooctane sulfonyl fluoride) OR TS=(PFOA) OR TS=(perfluorooctanoic acid), dentro da busca por tópicos. Para o site SCOPUS, os termos usados foram os seguintes: TITLE-ABS-KEY ((perfluorooctane AND sulfonic AND acid) OR (perfluorooctane AND sulfonyl AND fluoride) OR (perfluorooctanoic AND acid) OR pfos OR pfosf OR pfoa) AND PUBYEAR AFT 2000). Os termos utilizados possibilitam a busca pela maior variedade de palavras derivadas do nome do composto.



Posteriormente, a palavra (Bra?il) (que engloba as variações de escrita Brazil (inglês) e Brasil (português), bem como as palavras derivadas que denominam nacionalidade em ambos os idiomas) foi utilizada para avaliar quantas das publicações contendo o nome do composto e suas possíveis variações e correlações diretas estriam também relacionadas ao país.

Já na plataforma Sucupira da CAPES para Teses e Dissertações, as buscas foram feitas na língua portuguesa, utilizando as seguintes palavras chaves "PFOS" OR "PFOSF" OR "PFOA" OR "ácido perfluoro-octanossulfônico" OR "ácido perfluorooctanossulfônico" OR "ácido perfluorooctanóico" OR "perfluorooctano sulfonil fluoreto" OR "ácido perfluorooctanóico". Nesse caso não se fez necessário utilizar o nome do país como palavra-chave.

Nas três bases de dados utilizadas as palavras chaves foram pesquisadas nos seguintes campos: Títulos, Palavras-chaves e Resumos. O único filtro aplicado às buscas foi o intervalo de anos para focar em trabalhos publicados entre os anos 2000 e 2020. O critério de seleção das publicações tidas como relevantes foi toda e qualquer menção a ocorrência de PFOS no território brasileiro.

Na base de dados *Web of Science* foram encontrados 7.104 trabalhos mencionando o composto. Porém quando a busca foi refinada para trabalhos que também mencionassem a ocorrência do composto no Brasil nos campos de buscas selecionados, somente 16 trabalhos foram encontrados. Dos 16, somente nove se encaixavam no critério de seleção.

Na base de dados SCOPUS foram encontrados 6.412 trabalhos mencionando o PFOA. Quando a busca foi refinada para trabalhos que também mencionassem a ocorrência do composto no Brasil nos campos de buscas selecionados, 2011 publicações foram encontradas. Dessas, apenas dez publicações se encaixaram no critério de seleção de informações tidas como relevantes para o propósito desejado. Dos dez selecionados, nove eram os mesmos encontrados na plataforma *Web of Science*.

Na base de dados da CAPES de Teses e Dissertações foram encontrados 16 trabalhos mencionando o composto de interesse. Desses, somente três se encaixaram no critério de seleção. Os três apresentavam dados já encontrados em publicações nas plataformas anteriores.



6.3. Tabela do número de indústrias nacionais com possível aplicação de PFOA.

Apresenta-se compilado a seguir o número total empresas cadastradas no CEMPRE-IBGE por unidade federativa, de acordo com o censo de 2017, que possam fazer uso de PFOA em seus processos ou produtos.



Tabela A4: Número total empresas cadastradas no CEMPRE-IBGE por unidade federativa, de acordo com o censo de 2017, que possam fazer uso de PFOA, seus sais ou compostos relacionados ao PFOA em seus processos ou produtos. Continua...

INDÚSTRIAS	AC	AL	AM	AP	BA	CE	DF	ES	GO	MA	MG	MS	MT	PA
Têxtil	32	183	104	33	1533	3521	341	1228	3933	261	7319	322	403	258
Couro	1	5	4	0	223	112	10	45	124	14	415	29	30	19
Calçados	3	7	3	0	114	371	13	46	222	11	1649	19	15	9
Papel e celulose	4	4	45	0	164	117	26	62	105	17	403	28	29	25
Impressão	33	163	130	26	859	659	496	364	715	271	1943	280	332	324
Fabricação de produtos químicos orgânicos	0	1	1	0	22	7	0	1	6	2	33	5	5	2
Produtos de limpeza/ higiene/ cosméticos	6	20	20	2	240	171	19	82	175	33	418	35	50	42
Tintas e revestimentos	1	8	4	0	41	46	18	23	76	10	98	13	19	8
Preparados químicos diversos	0	5	14	0	57	39	4	23	41	9	235	9	12	7
Plástico	10	79	117	2	353	262	60	111	316	39	869	67	91	54
Eletrônicos e informática	1	5	110	1	93	71	32	37	95	6	593	18	11	9
Transporte	3	4	86	5	48	32	5	14	37	9	84	9	13	33
Material médico e odontológico	6	20	20	4	151	147	113	113	179	58	630	61	70	36
Construção civil e infraestrutura	98	469	676	134	4032	1854	1694	2024	3208	1037	9700	1252	1811	1347
TOTAL	198	973	1334	207	7930	7409	2831	4173	9232	1777	24389	2147	2891	2173
Percentual	0,1	0,4	0,5	0,1	3,3	3,1	1,2	1,7	3,9	0,7	10,2	0,9	1,2	0,9



Tabela A4 Continuação: Número total empresas cadastradas no CEMPRE-IBGE por unidade federativa, de acordo com o censo de 2017, que possam fazer uso de PFOA, seus sais ou compostos relacionados ao PFOA em seus processos ou produtos.

INDÚSTRIAS	PB	PE	PI	PR	RJ	RN	RO	RR	RS	SC	SE	SP	TO
Têxtil	526	3106	425	6061	4386	653	148	25	3814	10420	364	19123	94
Couro	37	76	24	320	167	13	11	1	781	122	10	767	6
Calçados	128	46	26	183	59	18	2	0	3390	330	12	2850	6
Papel e celulose	51	101	18	536	290	43	10	2	548	456	19	1765	6
Impressão	250	495	175	1714	1543	283	128	17	1716	1142	149	5964	107
Fabricação de produtos químicos orgânicos	4	6	4	39	14	0	0	0	36	23	1	178	3
Produtos de limpeza/ higiene/ cosméticos	69	142	31	354	222	49	19	1	380	230	28	1391	10
Tintas e revestimentos	21	27	9	184	81	16	5	0	116	103	2	453	5
Preparados químicos diversos	7	29	5	166	98	9	5	0	211	130	3	872	6
Plástico	129	291	42	1216	639	69	25	1	1557	1137	36	5202	12
Eletrônicos e informática	25	63	8	632	205	15	8	0	732	411	8	2554	0
Transporte	9	21	2	153	166	6	14	0	147	130	5	422	4
Material médico e odontológico	78	127	60	470	245	76	19	1	355	271	30	1609	29
Construção civil e infraestrutura	759	1828	653	9594	7356	960	549	109	8834	6252	466	32117	444
TOTAL	2093	6358	1482	21622	15471	2210	943	157	22617	21157	1133	75267	732
Percentual	0,9	2,7	0,6	9,1	6,5	0,9	0,4	0,1	9,5	8,9	0,5	31,5	0,3



6.4. Nome e número CAS do PFOA e dos compostos relacionadas ao PFOA.

Tabela A5: Número CAS (Chemical Abstract Service) e nome do PFOA e dos compostos relacionados ao PFOA. Fonte: OCDE, 2007.

CAS	NOME
335-64-8	cloreto de pentadecafluorooctilo
335-66-0	ácido pentadecafluorooctanoico
335-67-1	ácido perfluorooctanóico
335-93-3	perfluorooctanoato de prata
335-95-5	pentadecafluorooctanoato de sódio
376-27-2	perfluorooctanoato de metilo
423-54-1	perfluorooctanamida
2395-00-8	perfluorooctanoato de potássio
3108-24-5	perfluorooctanoato de etilo
3825-26-1	pentadecafluorooctanoato de amonio
15166-06-0	Heptanoic acid, 2,2,3,3,4,4,5,5,6,7,7,7-dodecafluoro-6-(trifluoromethyl)-
24216-05-05	cloruro de 3,4-bis[(2,2,3,3,4,4,5,5,6,6,7,7,8,8,8-pentadecafluoro-1-oxooctil)amino]bencenosulfonilo
33496-48-9	anhidrido perfluorooctanoico
39186-68-0	hidroxido de 2-carboxietilbis(2-hidroxietyl)-3-[(2,2,3,3,4,4,5,5,6,6,7,7,8,8,8-pentadecafluoro-1-oxooctil)amino]propilamonio
41358-63-8	N-[3-[bis(2-hidroxietyl)amino]propil]-2,2,3,3,4,4,5,5,6,6,7,7,8,8,8-pentadecafluorooctanamida
45285-51-6	Octanoic acid, pentadecafluoro-, ion (1-)
53517-98-9	N-[3-(Perfluorooctanoylamido) propyl]-N,N,N-trimethylammonium chloride
68141-02-06	perfluorooctanoato de cromo(3+)
68333-92-6	ácidos grasos, C7-13, perfluoro
69278-80-4	Fatty acids, C7-13, perfluoro, compds. with ethylamine
72623-77-9	Fatty acids, C6-18, perfluoro, ammonium salts
72968-38-8	ácidos carboxílicos, C7-13, perfluoro, sales de amonio



85938-56-3	N-(3-aminopropil)-2,2,3,3,4,4,5,5,6,6,7,7,8,8,8-pentadecafluorooctanamida
89685-61-0	1-Propanesulfonic acid, 3-[ethyl(2,2,3,3,4,4,5,5,6,6,7,7,8,8,8-pentadecafluoro-1-oxooctyl)amino]-, sodium salt
90179-39-8	1-Propanaminium, N-(carboxymethyl)-N,N-dimethyl-3-[(2,2,3,3,4,4,5,5,6,6,7,7,8,8,8-pentadecafluoro-1-oxooctyl)amino]-, inner salt
90480-55-0	acido octanoico, pentadecafluoro-, ramificado
90480-56-1	acido octanoico, pentadecafluoro-, ramificado, sal de amonio
90480-57-2	acido octanoico, pentadecafluoro-, mezcla de esterres con 2,2'-[1,4-butanodiilbis(oximetilen)]bis[oxirano] y 2,2'-[1,6-hexanodiilbis(oximetilen)]bis[oxirano]
91032-01-08	Fatty acids, C7-19, perfluoro
93480-00-3	Poly(oxy-1,2-ethanediyl), α -[2-[(2,2,3,3,4,4,5,5,6,6,7,7,8,8,8-pentadecafluoro-1-oxooctyl)amino]ethyl]- ω -hydroxy-
