

## 1 Introdução

Espuma formadora de película aquosa (AFFF, na sigla em inglês) é um produto altamente eficaz usado para combater incêndios envolvendo líquidos inflamáveis. A síntese de produtos AFFF ocorre através da combinação de espumas de hidrocarbonetos com surfactantes fluorados, visando obter um produto que vem sendo usado em instalações militares, aeroportos civis, refinarias de petróleo, instalações de armazenamento e plantas químicas (Hu et al. 2016; CONCAWE 2016).

Esta ficha visa informar agências regulamentadoras municipais, estaduais e federais, grupos que atuam nas áreas de saúde, segurança e meio ambiente, como também usuários de AFFF em municípios, aeroportos e instalações industriais. Esta ficha não busca substituir as especificações do fabricante ou as diretrizes da indústria sobre o uso de AFFF. As informações fornecidas constituem um resumo geral sobre o uso de AFFF, perigos relacionados e como reduzir e eliminar danos potenciais à saúde humana e ao meio ambiente. Informações adicionais podem ser encontradas no Guia Técnico.

## 2 O que é AFFF?

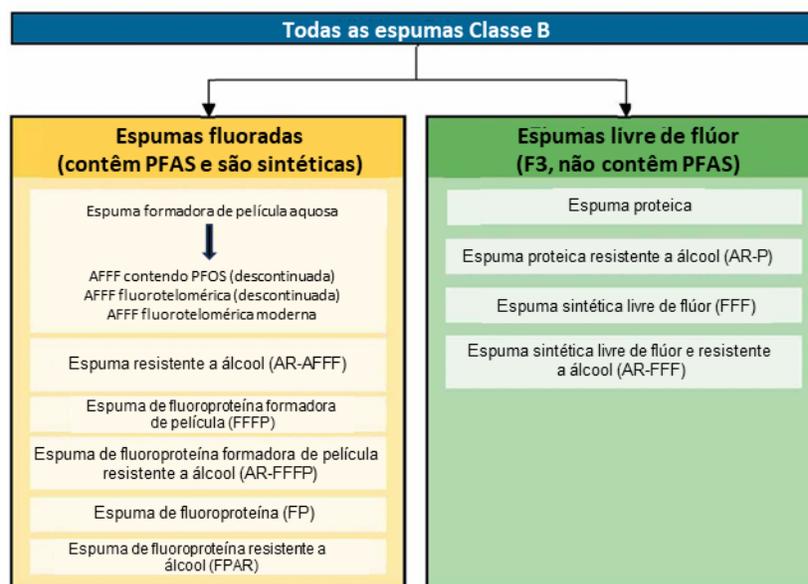
Espumas Classe B, destinadas ao combate a incêndios, são soluções de surfactantes comerciais desenvolvidas para combater incêndios envolvendo combustíveis inflamáveis Classe B. Para fins desta ficha informativa, as espumas Classe B podem ser divididas em duas categorias gerais: espumas fluoradas que contêm PFAS e espumas livre de Flúor (F3) que não contêm PFAS.

Existem seis grupos de espumas Classe B que contêm PFAS e quatro grupos de espumas Classe B que não contêm PFAS. A **Figura 1** mostra todas as categorias de espuma Classe B. Esta ficha informativa tem como foco somente as espumas do tipo AFFF, uma vez que é o tipo de espuma Classe B mais amplamente usado e disponível.

O ITRC desenvolveu uma série de fichas informativas que resumem a ciência recente e as tecnologias emergentes referentes às PFAS. As informações apresentadas nesta ficha informativa e em outras sobre PFAS encontram-se descritas em maiores detalhes no **Guia Técnico Técnica e Regulatória do ITRC sobre PFAS (Guia Técnico)** (<https://pfas-1.itrcweb.org/>).

Esta ficha apresenta os métodos necessários para identificar, manusear, estocar, capturar, coletar, gerenciar e efetuar a disposição de AFFF, de forma adequada, visando limitar possíveis impactos ambientais, incluindo:

- Definição de AFFF;
- Melhores Práticas de Gerenciamento do Uso de AFFF;
- Regulamentações que Afetam a Venda e o Uso.
- Pesquisa e Desenvolvimento de Espumas.



**Figura 1. Tipos de espumas Classe B**

Fonte: S. Thomas, Battelle. Usada com permissão. PFAS-1, Figura 3-2.

## Espuma Formadora de Película Aquosa (AFFF) *cont.*

AFFF é uma espuma fluorada que, quando misturada com água, resulta em uma solução contendo as características de tensão interfacial necessárias para produzir uma película aquosa que se estende pela superfície dos hidrocarbonetos combustíveis (graxas de petróleo, alcatrões, óleos e gasolina, solventes e álcoois) para extinguir o incêndio e formar uma barreira de vapor entre o combustível e oxigênio atmosférico, evitando assim uma nova ignição. A característica que define a AFFF é a formação de uma película aquosa.

AFFF vem sendo usada em plantas químicas, instalações de processamento e armazenamento de líquidos inflamáveis, operações marítimas (petroleiros, plataformas *offshore*), serviços municipais (corpo de bombeiros, centros de treinamento de combate a incêndios), refinarias de petróleo, terminais e tanques de armazenamento de combustíveis, operações de aviação (resgate em aeronaves e combate a incêndio, hangares), alguns extintores industriais e instalações militares.

Existem três tipos de AFFF (apresentados na **Figura 1**):

- AFFF contendo ácido perfluorooctano sulfônico – PFOS, descontinuada (fabricada nos EUA desde o final da década de 60 até 2002);
- AFFF fluorotelomérica (contendo alguns compostos per- e polifluoroalquilados de cadeia longa - PFAS), descontinuada (fabricada nos EUA desde a década de 70 até 2016);
- AFFF fluorotelomérica moderna (as substâncias PFAS de cadeia curta tornaram-se os principais produtos químicos usados na manufatura, em resposta à promulgação do *PFOA Stewardship Program* voluntário - USEPA 2010/2015);

Atualmente, a maioria dos fabricantes de espuma produz F3 de Classe B, sendo que a avaliação do desempenho dessas espumas é um fator importante na tomada de decisões quanto a aquisições futuras. Como parte do processo de pré-planejamento para obtenção de espumas substitutas, é importante garantir que a espuma F3 de Classe B seja um substituto adequado para AFFF, e que a mesma possua as especificações de desempenho requeridas para os perigos associados a líquidos-alvo inflamáveis (FFFC 2016).

A *National Defense Authorization Act* (NDAA), do ano fiscal de 2020 (promulgada como lei no dia 20 de dezembro de 2019), estabelece que o uso de AFFF deve ser gradativamente reduzido pelo Departamento de Defesa (DOD) em todas as instalações militares até 01 de outubro de 2024, com exceções limitadas, e que o uso de AFFF em exercícios militares de treinamento deve ser interrompido imediatamente. Em janeiro de 2023, o Secretário da Marinha dos EUA publicou especificações para espumas livres de PFAS usadas para combate a incêndios; esta publicação contém as especificações de desempenho para espumas F3 em aplicações terrestres que usam água doce para diluir o produto concentrado (MIL-PRF-32725). Esta última especificação estabelece que os fabricantes devem garantir que não foram adicionadas PFAS intencionalmente à formulação, e que o produto concentrado contém um teor máximo de 1 ppb de PFAS (USDOD 2023 Ref#2848). De acordo com a NDAA, as espumas F3, que estão em conformidade com a nova especificação militar, devem estar disponíveis para uso até 01 de outubro de 2023. A NDAA do ano fiscal de 2022 também dispõe sobre a AFFF, requerendo, especificamente, novas revisões e diretrizes para prevenir e mitigar vazamentos / derramamentos de AFFF. Em outubro de 2021, a USEPA publicou o *PFAS Strategic Roadmap: EPA's Commitments to Action 2021–2024* (USEPA 2021 Ref#2223). As metas especificadas pela USEPA para lidar com PFAS incluem: enfoque na pesquisa, restrições e remediação. Esse *roadmap* estratégico contém ações em todas as diferentes repartições da USEPA. Maiores informações sobre as ações da USEPA em 2021 para lidar com substâncias PFAS estão disponíveis no *website* da agência (USEPA 2021 Ref#2223).

### 3 Melhores Práticas de Gerenciamento para o Uso de Espumas Classe B

Espumas usadas para combater incêndios são uma ferramenta importante para proteger a saúde humana e seus bens de ameaças associadas a incêndios envolvendo líquidos inflamáveis. Estratégias de gerenciamento e uso, combinadas com o aperfeiçoamento contínuo de regulamentos ambientais permitirão a seleção de opções viáveis para o uso sustentável de espumas contra incêndios. Deverão ser estabelecidas Melhores Práticas de Gerenciamento (MPG) para o uso dessas espumas visando prevenir o seu possível descarte no meio ambiente, uma vez que isto pode causar a contaminação do solo, água subterrânea, água superficial e, potencialmente, água potável. O descarte de espumas usadas para combater incêndios no meio ambiente é preocupante, devido ao impacto negativo que pode ter sobre os ecossistemas e a biota. Devido à presença de PFAS, AFFF representa um desafio singular para a proteção do meio ambiente. Especificamente, no caso de AFFF, a quantidade de PFAS oriunda da espuma que pode adentrar na água subterrânea depende dos seguintes fatores: tipo e quantidade de espuma utilizada, grau de contenção, quando e onde a espuma foi usada, tipo de solo e profundidade da água subterrânea.

## Espuma Formadora de Película Aquosa (AFFF) cont.

Geralmente, AFFF é descartada no solo, porém, pode ocorrer o escoamento superficial para águas superficiais ou águas pluviais, ou ainda infiltração até atingir a água subterrânea. A **Figura 2** abaixo mostra o Modelo Conceitual de um *sítio*.

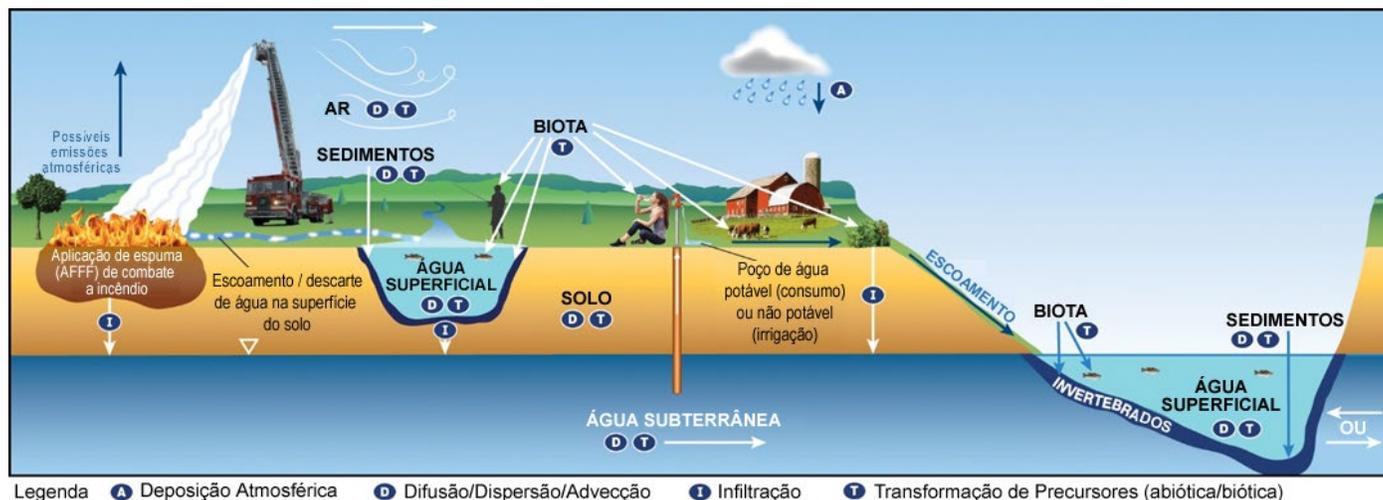
As MPG devem considerar todo o ciclo de vida da AFFF (**Figura 3**), incluindo: aquisição e inventário, sistemas e operações de espuma, operações de emergência de combate a incêndios, ações imediatas de investigação e limpeza, tratamento, descarte e substituição do sistema. Outras espumas, como espuma resistente a álcool (AR-AFFF), espuma de fluoroproteína formadora de película (FFFP), espuma de fluoroproteína formadora de película resistente a álcool (AR-FFFP), espuma de fluoroproteína (FP) e espuma de fluoroproteína resistente a álcool (FPAR), também contêm PFAS, devendo-se tomar cuidados e ações semelhantes. Embora F3 não contenha PFAS adicionadas intencionalmente, algumas F3 podem conter outros aditivos ou substâncias químicas que podem ser prejudiciais ao meio ambiente ou à saúde humana. Como tal, qualquer treinamento que envolva algum tipo de espuma deverá também considerar as medidas de mitigação estabelecidas para AFFF.

A aquisição e o inventário de espumas devem ser cuidadosamente consideradas. Devem ser selecionadas espumas que atendam aos requisitos das especificações de desempenho que governam o seu uso.

As espumas adquiridas devem ser documentadas, rotuladas de forma clara e armazenadas adequadamente. O uso e descarte de espumas devem ser cuidadosamente rastreados e registrados.

MPG começam com o pré-planejamento e decisões sobre qual espuma deverá ser mantida em estoque. A equipe deve considerar fatores-chave como:

- Se as alternativas à espuma F3 podem atender os requisitos de desempenho específicos do *site*;
- Avaliação específica do *site* para identificar prováveis perigos de incêndio e possíveis riscos à vida, segurança pública e à propriedade;
- Potenciais passivos ambientais e financeiros e danos à saúde humana relacionados a liberações de AFFF;
- Limitações do *site*, incluindo requisitos referentes à modernização de equipamentos existentes para adaptá-los a espumas alternativas.



**Figura 2. Modelo Conceitual para Áreas de Treinamento em Combate a Incêndios**

Fonte: Adaptada da figura de L. Trozzolo, TRC. Usada com permissão. PFAS-1, Figura 2-21.

Ao avaliar sistemas e operações de espumas, desde testes de sistemas fixos, testes de equipamentos móveis de combate a incêndios e exercícios de treinamento apropriados, os controles administrativos e de engenharia, bem como os equipamentos de proteção individual (EPI), devem ser cuidadosamente avaliados. Durante operações de emergência de combate a incêndios, após a liberação da espuma de combate a incêndios, os EPI devem ser usados corretamente, conservados e descontaminados rotineiramente. As ações imediatas de investigação e limpeza incluem esforços iniciais de mitigação, como controle de fonte, táticas de contenção e táticas de recuperação.

O tratamento e a disposição de produtos AFFF, como também de meios ambientes impactados com PFAS, podem ser processos complexos, demorados e caros. Os profissionais devem estar cientes sobre as opções de disposição aprovadas e disponíveis, antes da geração de resíduos impactados por PFAS ou do início de um projeto de substituição de AFFF, visando evitar períodos de armazenamento de resíduos potencialmente longos.

## Espuma Formadora de Película Aquosa (AFFF) cont.

Atualmente, as opções de descarte disponíveis para materiais impactados por AFFF e PFAS são limitadas, e cada opção tem suas vantagens e desvantagens. Maiores informações podem ser encontradas no Guia Técnico, bem como na *PFAS Regulatory Programs Summary Table* (consultar as *External Data Tables* em <https://pfas-1.itrcweb.org>).

A substituição de espuma de combate a incêndios é complexa e pode exigir uma revisão total do sistema e, potencialmente, o redesenho e modificação dos componentes do sistema a fim de atender aos novos objetivos ou requisitos de materiais e desempenho. A substituição de espuma deve incluir: avaliação de perigos específicos e dos objetivos da aplicação, revisão dos padrões de desempenho aplicáveis, entendimento dos requisitos de engenharia para armazenamento e aplicação de produtos geradores de espuma e verificação para garantir que o produto de espuma está aprovado para uso no caso dos perigos específicos que estão sendo mitigados.



**Figura 3. Considerações Referentes ao Ciclo de Vida de Espumas Classe B.**  
Fonte: S. Thomas, Battelle. Usada com Permissão.  
PFAS-1. Figura 3-1.

## 4 Regulamentos Afetando a Comercialização e Uso de AFFF

Existem muitos regulamentos e documentos de orientação estaduais, federais e internacionais que governam a aquisição, uso e descarte de AFFF. As atividades variam desde programas de devolução de AFFF e proibição da fabricação, comercialização, uso e importação de AFFF, até restrições e requisitos para disposição. Maiores informações podem ser encontradas no Guia Técnico, bem como na *PFAS Regulatory Programs Summary Table* (consultar as *External Data Tables* em <https://pfas-1.itrcweb.org>).

## 5 Pesquisa e Desenvolvimento em Espumas

Diversas pesquisas relacionadas a alternativas e produtos químicos de substituição de AFFF foram recentemente concluídas ou estão sendo consideradas no momento da publicação desta ficha. Mundialmente, várias organizações têm feito investimentos em investigação e desenvolvimento sobre AFFF a partir da avaliação de sua utilização e de impactos ambientais, bem como de impactos socioeconômicos decorrentes da transição para a alternativas F3 e das especificações de desempenho dessas alternativas. Para mais informações relacionadas a este tópico, deve-se consultar o Guia Técnico.

## 6 Considerações Referentes a Produtos Alternativos

Algumas organizações desenvolveram processos de certificação para ajudar os consumidores a compreender quais produtos são considerados “livres de PFAS”. Por exemplo, a *Clean Production Action* (CPA) desenvolveu um rótulo ecológico para produtos de espuma destinados a combater incêndios através do seu processo de certificação *GreenScreen*, que identifica os produtos com rótulo ecológico, mas não inclui qualquer isenção de responsabilidade. A CPA define “livre de PFAS” como zero PFAS adicionado intencionalmente ao produto, e contaminação por PFAS no produto inferior a 0,0001 por cento (1 parte por milhão) por peso de flúor orgânico total. Existem atualmente mais de duas dúzias de produtos de espuma disponíveis certificados para combate a incêndios. Acessar <https://www.greenscreenchemicals.org/certified/fff-standard> para obter maiores informações.

As avaliações de produtos alternativos têm sido outro mecanismo para avaliar melhor as alternativas a F3, em termos de substituição por outros compostos que poderiam ser ainda piores. Tickner (2022) concluiu recentemente uma avaliação de alternativas para AFFF e desenvolveu seis considerações orientadoras, incluindo:

1. “Determinar a função do produto químico em questão para a aplicação específica. Entender essa função dentro da cadeia produtiva;
2. Definir o(s) cenário(s) de uso específico(s) da aplicação. Identificar alternativas adequadas para esse propósito específico;

## Espuma Formadora de Película Aquosa (AFFF) *cont.*

3. Estabelecer e/ou usar padrões de desempenho que sejam independentes dos padrões existentes referentes ao uso dos produtos químicos/materiais em questão. Ajustar com base nas alternativas disponíveis ou no horizonte futuro;
4. Utilizar uma série de padrões de referência de desempenho, como por exemplo, “inadequado” a “suficiente” a “melhor da classe”;
5. Considerar o desempenho técnico separadamente da viabilidade técnica;
6. Consultar as partes interessadas para determinar *tradeoffs* aceitáveis entre resultados de desempenho e outros elementos, como saúde e segurança ambiental.”

## 7 Referências e Acrônimos

As referências citadas nesta ficha informativa e em outros documentos podem ser encontradas em <https://pfas-1.itrcweb.org/references/>. Números de referência estão incluídos nesta ficha informativa para citações não exclusivas na lista de referência do Guia Técnico.

Os acrônimos utilizados nesta ficha informativa e no Guia Técnico podem ser encontrados em <https://pfas-1.itrcweb.org/acronyms/>.



### Substâncias Per e Polifluoroalquiladas (PFAS) - Contatos

**Sandra Goodrow** • New Jersey Department of Environmental Protection  
609-940-4164 • [Sandra.Goodrow@dep.nj.gov](mailto:Sandra.Goodrow@dep.nj.gov)

**Kristi Herzer** • Vermont Department of Environmental Conservation  
802-461-6918 • [Kristi.Herzer@vermont.gov](mailto:Kristi.Herzer@vermont.gov)

Setembro de 2023



**ITRC**  
1250 H St. NW, Suite 850  
Washington, DC 20005  
[itrcweb.org](http://itrcweb.org)

