



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS FÍSICAS E MATEMÁTICAS
COORDENADORIA ESPECIAL DE OCEANOGRAFIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA

Mateus Sousa Sombrio

Aplicação do Conceito de Uso Essencial: o estudo de caso da Sulfloramida.

Florianópolis

2023

Mateus Sousa Sombrio

Aplicação do Conceito de Uso Essencial: o estudo de caso da Sulfluramida.

Trabalho de monografia do Curso de Graduação em Oceanografia do Centro de Ciências Físicas e Matemáticas da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Oceanografia.

Orientadora: Prof^ª. Dra. Juliana Leonel

Florianópolis

2023

Sousa Sombrio, Mateus

Aplicação do Conceito de Uso Essencial: o estudo de caso da Sulfluramida. / Mateus Sousa Sombrio ; orientadora, Juliana Leonel, 2023.

46 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Físicas e Matemáticas, , Florianópolis, 2023.

Inclui referências.

1. . 2. Sulfluramida. 3. Essencialidade. 4. PFAS. 5. Eucalyptus e Pinus. I. Leonel, Juliana . II. Universidade Federal de Santa Catarina. . III. Título.

Mateus Sousa Sombrio

Aplicação do Conceito de Uso Essencial: o estudo de caso da Sulfloramida.

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do título de Bacharel e aprovado em sua forma final pelo Curso de Oceanografia.

Florianópolis, 04 de dezembro de 2023.

Regina Rodrigues Rodrigues

Coordenação do Curso

Banca examinadora

Prof.(a) Juliana Leonel Dr.(a)

Orientadora

Dr. Rodrigo Azevedo Nascimento

UFF

Prof. Luiz Augusto dos Santos Madureira, Dr.

UFSC

Florianópolis, 2023

AGRADECIMENTOS

À minha família por todo o apoio durante esses anos de graduação, sempre me incentivando a fazer aquilo que eu amo.

À minha orientadora, Juliana Leonel, por todo o carinho e paciência durante esses anos, desde o início da minha iniciação científica até agora.

Aos membros da banca, Luiz Madureira e Rodrigo Nascimento, pelos comentários e por terem aceitado o convite mesmo eu tendo me ausentado da Universidade no início do projeto.

Às amigas que fiz durante a graduação, Ana Flávia Florêncio, Bruna Cândido, Bruna Hoff, Julia Freire e Lisa Melo. Muito obrigado pelo carinho, risadas, brincadeiras, companheirismo e por rirem das minhas bobagens. Todos esses anos foram infinitamente mais divertidos por causa de vocês.

Aos irmãos que a universidade me deu, Erots Mendiguren e Andrew Schiavon. Muito obrigado pelas conversas, piadas, conselhos, provas e trabalhos em grupo. Foi um enorme prazer ter conhecido vocês.

À servidora pública, Nubia C. Domingues, por toda ajuda, carinho, atenção e consideração. Você é uma mãe para todos os alunos da graduação e um exemplo a ser seguido como servidora pública.

À minha amiga e caloura, Belle, por todas as nossas conversas, que pareciam mais um surto coletivo, risadas e fofocas.

Ao corpo docente do curso em Oceanografia, em especial Antônio Fetter, Antônio Klein e Felipe Pimenta, por compartilharem suas experiências e ensinamentos que, muitas vezes, iam além da sala de aula.

À minha avó, Isaura Uliano Sombrio, que mesmo no final da vida, ainda se preocupava com as minhas notas na escola. Uma referência de mãe, avó e educadora.

Aos meus amigos, Tiago, Rodrigo, Nicholas e Pedro por sempre estarem ao meu lado durante todos esses anos.

À Universidade Federal de Santa Catarina por ser minha segunda casa, mesmo com todas as questões estruturais, curriculares e financeiras.

À Daniel Ouriques por ser aquele que enxerga em mim, a grande pessoa que eu posso me tornar.

À Deus por todas as conquistas e desafios durante os últimos anos e, principalmente, por ter criado o lindo azul dos oceanos.

"Na inteligência humana tem uma centelha divina que não tem bicho que chegue perto."

Ariano Suassuna

RESUMO

Os Ácidos Perfluoroalquilados (PFAS) são compostos presentes em diversos produtos alimentícios, têxteis, cosméticos etc., porém, apresentam propriedades nocivas, alta persistência e bioacumulação, sendo uma ameaça à saúde dos solos e oceanos. Por causa disso, essas substâncias foram classificadas como poluentes, estando na lista do Anexo B da Convenção de Estocolmo, acordo esse que dita medidas acerca dos poluentes orgânicos persistentes, conhecidos como POP's. Dentro dessa família de químicos, um dos principais representantes é o Ácido Perfluorooctano sulfônico (PFOS), destacado por sua toxicidade e capacidade de transporte, encontrado até mesmo em locais remotos. Esse composto possui fontes diretas e indiretas, podendo ser emitido intencionalmente ou ser o resultado da degradação de um pesticida conhecido como Sulfluramida. O praguicida, no Brasil, é utilizado exacerbadamente nas plantações de *Eucalyptus* e *Pinus* contra as formigas-cortadeiras, apesar de haver um consenso na comunidade científica sobre seus prejuízos ambientais. Com isso, foi investigado a utilização da Sulfluramida no Brasil, analisando sua comercialização interna e externa, assim como avaliar a essencialidade do composto nas atividades em que é aplicada com base na metodologia proposta por Cousins et al. (2019). A falta de informações suficientes acerca da silvicultura com espécies nativas e alternativas para o uso de Sulfluramida não permitiram a categorização do tema nos critérios estabelecidos (“não essencial”, “substituível” e “essencial”) por Cousins et al. (2019), pelo fato de não haver parâmetros comparativos suficientes que determinem, se de fato, existe uma essencialidade no uso.

Palavras-chave: Sulfluramida, Ácidos Perfluoroalquilados (PFAS), Ácido Perfluorooctanóico Sulfônico (PFOS), Brasil, Essencialidade.

ABSTRACT

Perfluoroalkylated acids (PFAS) are compounds present in various food products, textiles, cosmetics, etc., however, they have harmful properties, high persistence and bioaccumulation, being a threat to the health of soils and oceans. Because of this, these substances were classified as pollutants, being on the list of Annex B of the Stockholm Convention, an agreement that dictates measures regarding persistent organic pollutants, known as POPs. Within this family of chemicals, one of the main representatives is perfluorooctane sulfonic acid (PFOS), highlighted by its toxicity and transport capacity, found even in remote locations. This compound has direct and indirect sources and can be intentionally emitted or be the result of the degradation of a pesticide known as Sulfluramide. The pesticide, in Brazil, is used extensively in *Eucalyptus* and *Pine* plantations against leaf-cutter ants, despite there being a consensus in the scientific community about its environmental damage. With this, the use of Sulfluramide in Brazil was investigated, analyzing its internal and external commercialization, as well as evaluating the essentiality of the compound in the activities in which it is applied based on the methodology proposed by Cousins et al. (2019). The lack of information about forestry with native species and alternatives for the use of Sulfluramid did not allow the categorization of the topic according to the criteria established (“non-essential”, “substitutable” and “essential”) by Cousins et al. (2019), since there are not enough comparative parameters to determine whether, in fact, there is an essentiality in the use.

Keywords: Sulfluramide, Perfluoroalkylated acids (PFAS), Perfluorooctanoic sulfonic acid (PFOS), Brazil, Essentiality.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
2. OBJETIVOS.....	16
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	17
4. RESULTADOS.....	19
5. DISCUSSÃO.....	33
6. CONCLUSÃO.....	35
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	36

1. INTRODUÇÃO

Substâncias poli e perfluoroalquilados (PFAS) são compostos sintéticos criados na década de 1940, por meio do método de fluoração eletroquímica, no qual os átomos de hidrogênio da cadeia hidrocarbônica são trocados por flúor. Com isso, surgiu uma família de milhares de compostos de diferentes grupos funcionais (sulfônicos, carbônicos, fosfatados, álcool etc.), utilizados em diversas áreas como saúde, alimentícia, metalúrgica, têxtil e agrícola (LEONEL; NASCIMENTO; MIRANDA, 2023; SUNDERLAND et al. 2018).

Devido à sua ligação C-F, as PFAS possuem alta estabilidade térmica e química, baixa tensão superficial, assim como propriedade anfipática. Os radicais que estão atrelados a elas adicionam características específicas para substância como, por exemplo, a capacidade de transformar parte da molécula em hidrofílica ao inserir ácido sulfônico, ácido carboxílico e fosfato à sua estrutura, conferindo propriedade surfactante ao composto. Além disso, o tamanho da cadeia carbônica dita sua hidrofobicidade, sendo uma relação diretamente proporcional: quanto maior o número de carbonos, maior sua característica hidrofóbica (KRAFFT et al. 2015; LEONEL; NASCIMENTO; MIRANDA, 2023). Todos esses pontos ampliam a gama de usos desse grupo, o qual possui diversos representantes, atuando nas mais variadas áreas devido às suas individualidades químicas (WANG et al. 2018). Adicionalmente, essas particularidades da molécula evitam sua degradação no ambiente, além de fornecer alta solubilidade em água, permitindo sua permanência e disseminação na natureza. Por isso, são encontradas em corpos aquáticos e marinhos (lençóis freáticos, água superficiais, oceanos, águas residuais etc.), solos, alimentos, biota, assim como em locais remotos (SZNAJDER-KATARZYŃSKA et al. 2019).

Diversos autores mencionam a ocorrência de PFAS em profundidades e locais distintos. Miranda et al. (2021) investigam a presença desses compostos em diferentes pontos ao longo da coluna d'água costeira e oceânica na parte ocidental do Oceano Atlântico Tropical, a fim de entender suas fontes, distribuições, transportes e destino, encontrando contaminação por essas substâncias desde águas superficiais até profundas. Na mesma linha de pesquisa, González-Gaya et al. (2019) e Yeung et al. (2017) analisam perfis verticais em oceanos tropicais e subtropicais abertos e no Oceano Ártico, respectivamente, para compreenderem os mecanismos de distribuição dos PFAS, observando quantidades desses compostos em oceanos ao redor do mundo.

Além disso, muito tem se falado sobre sua toxicidade. Apesar de divergirem quanto às consequências da exposição aos PFAS, as principais pesquisas no tema indicam uma série de

efeitos negativos à saúde e ao meio ambiente. Em animais, os problemas estão relacionados ao sistema imunológico, metabólico, desenvolvimento corporal e neurológicos (LEONEL; NASCIMENTO; MIRANDA, 2023). No caso do ser humano, ocorrem alterações hormonais (sexuais e tireoide), imunológicas e metabólicas (alteração do colesterol) (FENTON et al., 2021). Ainda que não haja um consenso no meio científico, supõe-se uma possível correlação entre PFAS e o câncer (SUNDERLAND et al. 2018).

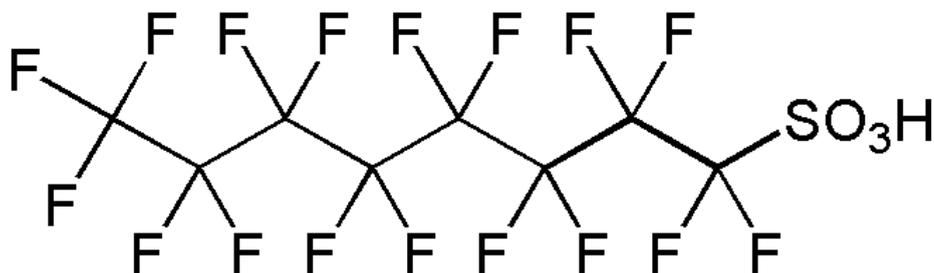
Dado o grande número de PFAS produzidos e utilizados globalmente, assim como a dificuldade de estudar a toxicidade de cada um deles e criar legislações específicas, Cousins et al., (2019) propôs uma metodologia alternativa para orientar a regulamentação dos usos dos PFAS. Ela baseia-se no conceito de “uso essencial” apresentado pelo Protocolo de Montreal e tem como objetivo avaliar a essencialidade do uso dos PFAS nos produtos e serviços em que são aplicados. O Protocolo de Montreal, assinado em 1987, encerrou a produção dos clorofluorcarbonos e definiu a essencialidade como “necessário para a saúde, segurança ou crítico para o funcionamento da sociedade” e “não há alternativas viáveis tecnologicamente e financeiramente”. Dessa forma, Cousins et al. (2019) agregou a definição de essencialidade com as aplicações dos PFAS para identificar produtos em que esses compostos não são essenciais. Para isso, seus empregos foram categorizados em 3 grupos, sugerindo a eliminação/restrição (grupo 1), substituição (grupo 2) ou isenção para uso (grupo 3), dependendo de sua importância nos fatores segurança, saúde e funcionalidade da sociedade atual.

O grupo 1 refere-se aos produtos em que os PFAS não são essenciais, mas que são usados pois fornecem uma característica atrativa, que o autor chama de “legal ter”. O grupo 2 são os substituíveis, isto é, o PFAS exerce uma função importante na funcionalidade e performance do produto, mas existe um outro composto que pode exercer a mesma função. Por último, o grupo 3 são os essenciais, não havendo compostos alternativos que tenham a mesma funcionalidade e performance.

O caso da Sulfluramida

Por causa de sua produção em massa, problemas à saúde dos seres vivos e capacidade de transporte a longas distâncias, há uma grande preocupação em relação à ampla ocorrência dos PFAS nas distintas matrizes ambientais. Dentro desses compostos, um deles se destaca por sua alta persistência e toxicidade, o Ácido Perfluorooctano Sulfônico (PFOS) (Figura 1) (GILLJAM et al. 2016).

Figura 1 - Ácido Perfluorooctanosulfônico (PFOS)

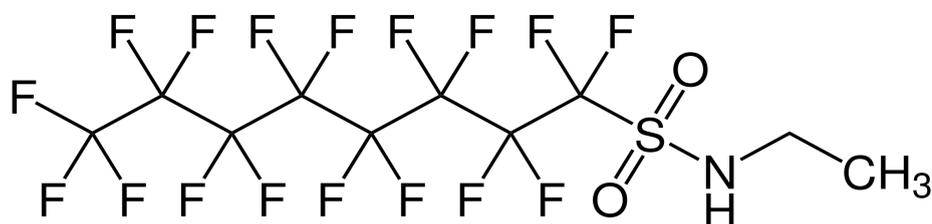


Fonte: Wikimedia Commons

O PFOS é um composto perfluorado com oito átomos de carbono e ligado ao grupo funcional dos ácidos sulfônicos, apresentando alta estabilidade química. Essa característica do composto fez com que surgisse o termo “químicos para sempre”, uma vez que, dificilmente, serão degradados pelo ambiente (BROOKE, 2004; WEE et al., 2023). É muito utilizado em materiais têxteis, carpetes, cromagem, impermeabilizantes e fluídos hidráulicos para aviação por causa de suas propriedades anfipáticas, apresentando 2565 toneladas fabricadas entre os 1957 e 2002 (ARMITAGE et al., 2009; SONG et al., 2018). Existe uma preocupação em relação ao PFOS por estar associado a câncer testicular e no rim, infertilidade, problemas hepáticos, imunológicos e cardiovasculares, assim como, sua presença em águas, solos, ar, sangue humano, leite materno, órgãos, entre outros (WEE et al., 2023; ESPARTERO et al., 2022; SAIKAT et al., 2013; SONG et al., 2018).

Devido ao PFOS possuir características tóxicas, bioacumulação e biopersistência, sua principal fabricante, a 3M Company, encerrou sua produção a partir do ano 2000. Posteriormente, o composto - assim como os seus sais e o seu precursor, o Fluoreto de Perfluorooctano Sulfonil (POSF) - foi adicionado ao Anexo B da Convenção de Estocolmo em 2009 e teve seu uso restringido. As fontes de PFOS para o ambiente podem ser diretas (despejos industriais, como águas, rejeitos e gases) ou indiretas como em processos de biotransformação de químicos que possuem os PFAS como base, como a Sulfluramida (ESPANA; MALLAVARAPU; NAIDU, 2015; PAN et al., 2019; SUNDERLAND et al. 2018).

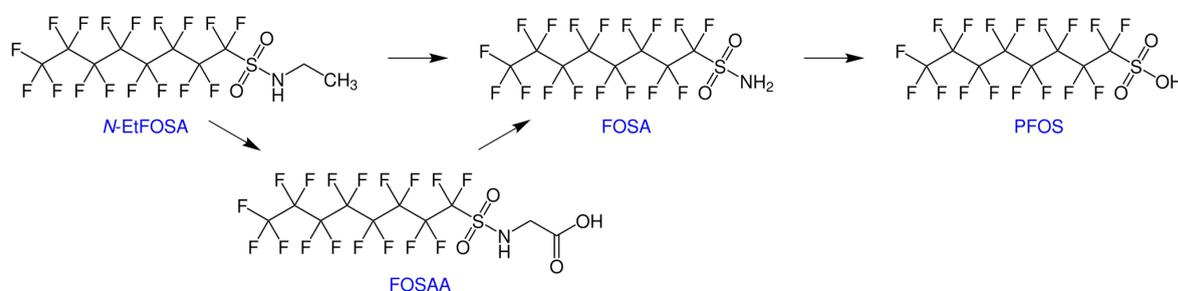
Criada para substituir o Mirex, a Sulfluramida (EtFOSA - *N*-etil Perfluorooctano Sulfonamida) (Figura 2) é um pesticida utilizado, principalmente, na América Latina como isca formicida para combater as formigas-cortadeiras dos gêneros *Atta spp.* e *Acromyrmex spp.* nas plantações de soja, milho, açúcar e, no caso do Brasil, de *Eucalyptus* e *Pinus* (GILLJAM et al. 2016; NASCIMENTO et al. 2018).

Figura 2 - Sulfluramida (*N*-etil Perfluorooctano Sulfonamida)

Fonte: Wikimedia Commons

Sua matéria-prima é o composto Fluoreto de Perfluorooctano Sulfonil (POSF), o qual é importado pelo Brasil, em grandes quantidades da China (ZABALETA et al. 2018). Estima-se que a proporção de POSF para produzir Sulfluramida seja de 1,6 para 1, sendo anualmente fabricadas, pela China, entre 220-240 toneladas de POSF para atender às demandas nacionais e internacionais (GILLJAM et al. 2016; XIE et al., 2013).

Além disso, sua relação com o PFOS está no fato que o princípio ativo da Sulfluramida, é um precursor dos compostos: Ácido Perfluorooctano sulfônico (PFOS), Perfluorooctano Sulfonamida (FOSA) e do Ácido Perfluorooctanóico (PFOA), resultado de sua degradação, motivo esse pela qual a Convenção de Estocolmo restringiu sua produção (Yin et al. 2018) (Figura 3). Mesmo assim, como a proposta do Anexo B da Convenção de Estocolmo é a restrição, visando futuramente eliminar os compostos que ali estão, países ainda continuam comercializando e/ou produzindo Sulfluramida, uma vez que recebem permissões para tal, dependendo dos motivos apresentados (GILLJAM et al. 2016).

Figura 3 - Compostos resultantes da degradação da N-EtFOSA

Fonte: ZHANG et al (2021).

No caso do Brasil, o país alega que não há substitutos tão eficientes para o combate da formiga de corte quanto a Sulfluramida, afirmando ser ela essencial às plantações de

Eucalyptus e *Pinus* que ocorrem no território. Conseqüentemente, o Brasil compra grandes quantidades de POSF, matéria prima da Sulfluramida, provenientes da China (GILLJAM et al. 2016; NASCIMENTO et al. 2018; TORRES et al. 2022; ZANETTI et al. 2014). Dado a grande produção e uso de Sulfluramida no país e que ela tem como produto de degradação o PFOS, estudos citam que o Brasil pode ser o principal responsável pela contaminação do Oceano Atlântico Sul por PFOS (TORRES et al. 2022; NASCIMENTO et al., 2018; GILLJAM et al. 2016).

Apesar de toda a problemática ambiental associada ao uso da Sulfluramida não há estudos avaliando a sua essencialidade segundo a metodologia apresentada por Cousins et al. (2019). Até o momento os estudos avaliaram a aplicação de PFAS em remédios, produtos de estética, impermeabilizantes, embalagens alimentícias, espumas combatentes de chama, mas nenhum deles faz menção à pesticidas como a Sulfluramida (COUSINS et al. 2019; GLÜGE et al. 2021; COUSINS et al. 2021).

Com isso, visto que a Sulfluramida é uma fonte indireta de PFOS, que o produto final de sua degradação representa uma ameaça aos oceano, e o pesticida não ser mencionado em nenhum estudo de essencialidade, o presente trabalho tem como objetivo investigar o uso da Sulfluramida no Brasil, analisando o cenário atual de produção, comercialização e usos no Brasil, além de determinar a essencialidade do composto nas atividades as quais é empregada dentro do país, utilizando a metodologia proposta por Cousins et al. (2019).

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVOS GERAIS

Avaliar a essencialidade no uso da Sulfluramida como formicida em plantações de *Eucalyptus* e *Pinus*.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Descrever a utilização da Sulfluramida no Brasil.
- b) Avaliar o grau de essencialidade da Sulfluramida nas atividades em que está aplicada com base na metodologia de Cousins et al. (2019).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 COLETA E ANÁLISE DOS DADOS

A fim de dar base para a discussão sobre a essencialidade do uso da Sulfluramida foi realizada uma ampla revisão tanto sobre os cultivos nos quais a Sulfluramida é utilizada bem como sobre as espécies alvo do pesticida. Adicionalmente, também foi realizada uma procura sobre as possíveis alternativas ao uso da Sulfluramida para o controle de formigas cortadeiras.

Para caracterizar o atual cenário de produção, comercialização (interna e externa) e uso da Sulfluramida no Brasil foram coletados dados de exportação e importação da Sulfluramida, importação de Fluoreto de Perfluoroctano Sulfonil (POSF) e vendas de Sulfluramida nas Unidades Federativas. Os dados de importação e exportação da Sulfluramida e de seu precursor foram fornecidos pelo Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços através do COMEX STAT (portal para acesso gratuito às estatísticas de comércio exterior do Brasil, (<http://comexstat.mdic.gov.br/pt/home>)); foram usados os dados disponíveis entre os anos de 1997 e 2022. Já os dados de vendas de Sulfluramida por Unidade Federativa (UF) foram retirados do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais (IBAMA, <https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/quimicos-e-biologicos/agrotoxicos/relatorios-de-comercializacao-de-agrotoxicos>), tendo como base os anos de 2009 a 2022.

A Sulfluramida pode ser comercializada de duas formas, como produto técnico ou como mistura comercial. Essa diferença é relacionada a pureza do composto, onde a forma técnica é o produto bruto e mais concentrado (93-98 % de EtFOSA), enquanto a comercial é já diluída para aplicação (0,03 % de EtFOSA) misturada com outros compostos para resultar no pesticida. Para a quantificação do total de Sulfluramida importada ou exportada, o total de Sulfluramida técnica foi convertido para Sulfluramida comercial. Os gráficos de exportação foram criados seguindo os critérios de: Continente e Quantidade total exportada para cada país. Essa separação ocorreu para oferecer uma melhor compreensão e visualização dos dados apresentados, devido ao grande número de países. Para as vendas entre as UF, também ocorreu divisão, baseada nas regiões do Brasil (Sul, Sudeste, Centro-Oeste, Norte e Nordeste).

3.2 ESSENCIALIDADE DO USO

Seguindo a metodologia proposta por Cousins et al. (2019), para determinar a essencialidade da Sulfluramida, foram analisados os seguintes critérios:

- a) Funcionalidade do composto no produto em que é aplicado, isto é, o grau de importância da substância para que o serviço final ocorra;
- b) A existência de compostos alternativos que tenham a mesma função e performance, além de causarem menos impactos na saúde e no meio ambiente.

Após a análise dos critérios, o uso será classificado em umas das seguintes categorias:

- a) “Não essencial”, onde o uso é apenas convencional e não um fator importante;
- b) “Substituível”, existindo alternativas em relação ao seu uso;
- c) “Essencial”, não havendo outros compostos que realizem as mesmas atividades que a Sulfluramida com igual performance e função técnica.

4. RESULTADOS

4.1 O cenário da Sulfloramida no Brasil

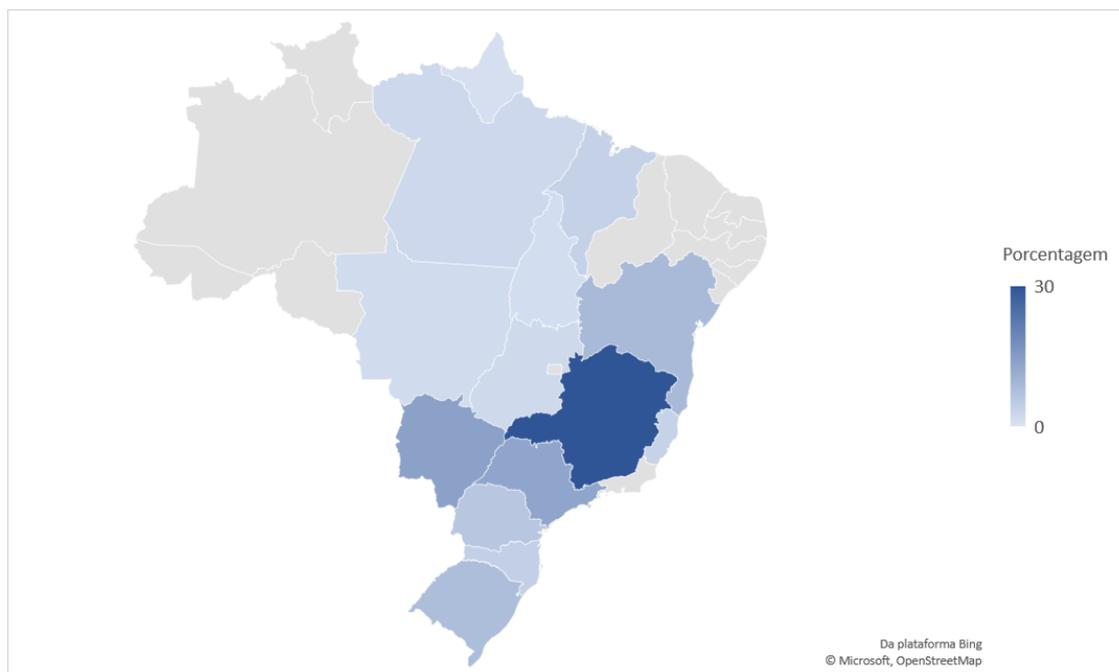
4.1.1 *Pinus e Eucalyptus no Brasil*

Pinus e Eucalyptus são plantas exóticas originárias do hemisfério Norte e da Austrália, respectivamente, introduzidas no Brasil há mais de um século por imigrantes europeus. No início, o cultivo dessas espécies não possuía interesse comercial, mas sim de ornamentação, uma vez que a vegetação local foi retirada para extração de madeira, áreas agrícolas e povoamento (VECHI et al. 2018; SHIMIZU et al. 2008).

A pluralidade de climas encontrados no país, assim como a fácil adaptação dessas plantas permitiram a grande inserção de seus cultivos, passando a serem utilizadas para suprir necessidades locais. Essa produção doméstica de *Pinus e Eucalyptus* escalou para proporções nacionais quando o governo brasileiro tomou medidas para substituir as importações, principalmente de papel, pelas culturas familiares, tentando impulsionar a economia nacional (VECHI et al. 2018; TUOTO; HOEFLICH, 2008). Com isso foi criado um programa nacional de incentivo fiscal para expandir o setor florestal, elevando o estoque de madeira. Os resultados foram o aumento significativo das indústrias de energia, papel e celulose, assim como outras aplicações menores derivadas dessas plantas (TUOTO; HOEFLICH, 2008). Atualmente, as finalidades da produção de *Pinus e Eucalyptus* são diversas: celulose e papel, energia, cosméticos, madeira serrada, compensado, entre outros (SHIMIZU et al. 2008; TUOTO; HOEFLICH, 2008; PENTEADO JUNIOR et al. 2019).

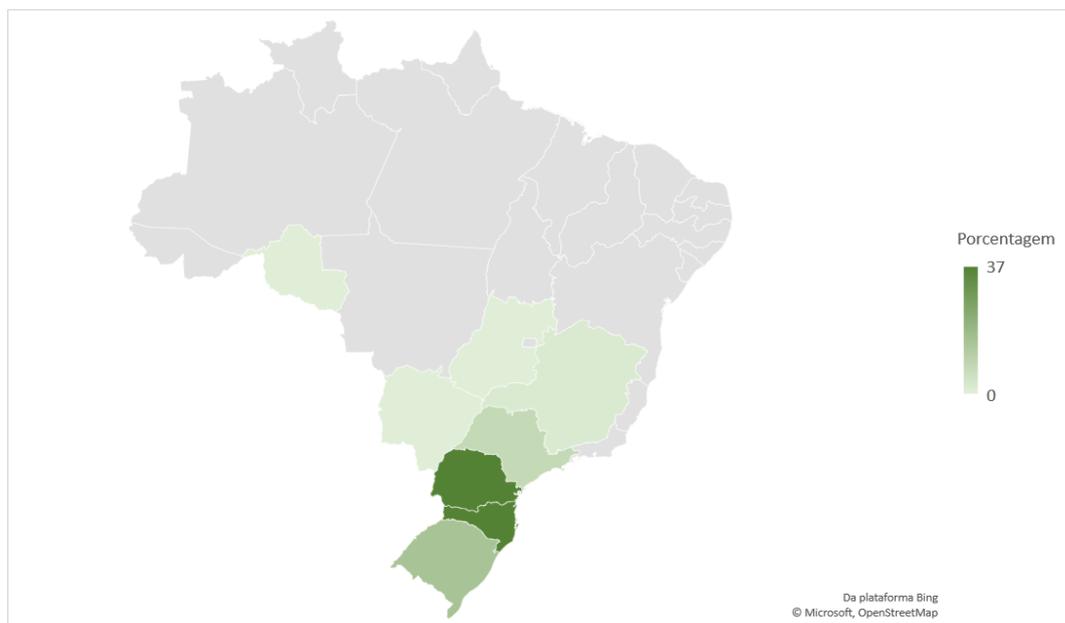
Suas áreas de plantio variam da região Sul até o Nordeste, sendo o *Eucalyptus* mais encontrado na região Sudeste (Minas Gerais (30%), São Paulo (14%)), seguidas por diversos outros estados (20%), região Centro-Oeste (Mato Grosso do Sul (14%)), região Sul (Rio Grande do Sul (8%) e Paraná (6%)) e o estado da Bahia (8%) (Figura 4).

Figura 4 - Porcentagem das áreas plantadas de *Eucalyptus* por Estado.



Fonte: Autoria Própria

Para o *Pinus* a liderança é da região Sul (Paraná (37%), Santa Catarina (37%) e Rio Grande do Sul (15%)), seguida da região Sudeste (São Paulo (7,8%) e Minas Gerais (2%)) e outros estados do Brasil (1,2%). Em valores numéricos, essas áreas de cultivo somaram 7,53 milhões de hectares para *Eucalyptus* e 1,93 milhões de hectares para *Pinus* (IBÁ, 2022) (Figura 5).

Figura 5 - Porcentagem das áreas plantadas de *Pinus* por Estado

Fonte: Autoria Própria

No ano de 2021, a produção de celulose brasileira atingiu um total de 22,6 milhões de toneladas, o que representa 25% das exportações mundiais. O faturamento adquirido foi de US\$ 6 bilhões, 12% a mais do que no ano anterior, estando na segunda posição internacional no mercado de celulose. Em relação a produção de papel, o país ficou em oitavo lugar com 2,55% da produção mundial e 10,6 milhões de toneladas produzidas (FAO, 2023). Além disso, o Brasil é o maior produtor de carvão vegetal do mundo, com 12% da produção mundial, e está entre os 10 maiores produtores de painéis de madeira. Fora isso, as exportações e importações de produtos sólidos de madeira subiram em 41% e 64%, respectivamente (IBÁ, 2022).

Segundo o IBÁ (2022), o setor de cadeia produtiva florestal cresceu 7,5%, em 2021, obtendo uma receita bruta de R\$ 244,6 bilhões, sendo US\$ 11,8 bilhões de dólares em exportação. Esses valores representaram 1,2% do PIB brasileiro. No mesmo ano, o setor resultou em 2,8 milhões de pessoas empregadas, seja direto, indireto e induzido. Para cada pessoa trabalhando diretamente no ramo de base florestal eram gerados 5,3 postos de trabalhos a mais ao longo da cadeia produtiva (IBÁ, 2022).

Apesar dos benefícios econômicos provenientes dessas culturas, problemas ambientais relacionados às práticas de cultivos e corte em massa de madeira são recorrentes.

Desequilíbrio ambiental, desertificação, compactação do solo, afugentamento da fauna, atropelamento de animais e contaminação de solos, rios e ar causadas pelos maquinários utilizados no processo de plantação/corte ou por atividades provocadas pela planta para que ocorra sua dominância na área em que está sendo plantada (VECHI et al 2018; ANDRADE et al. 2014; SILVA et al. 2012).

4.1.2 Formigas-cortadeiras *Atta* e *Acromyrmex*

Os gêneros *Atta* e *Acromyrmex*, popularmente conhecidas como saúvas e quenquês, respectivamente, pertencem à tribo Attini, uma taxonomia dentro da família Formicidae que consegue cultivar fungos e usá-los para alimentar suas larvas (CAMPOS et al. 2018). São seres sociáveis que se organizam em colônias, apresentando uma sociedade composta pela rainha, organismos alados e operários. Suas funções dentro desse sistema são determinadas por sua morfologia e tamanho, na qual aqueles que possuem asas têm a tarefa de se reproduzirem e se dispersarem para a formação de ninhos, enquanto os operários menores, ficam responsáveis pela limpeza da colônia, obtenção de material vegetal, cultivo e cuidado com os fungos. Já os operários maiores ficam responsáveis pela proteção do ninho (de BRITTO et al. 2016; VINHA et al 2020; SANTOS; CAZETTA, 2016).

O cultivo se dá pela relação mutualística entre o fungo e as formigas, que já data de mais de 50 milhões de anos. As formigas fornecem proteção, dispersão e alimentos para os fungos, coletando e transportando substratos vegetais para o local em que os cultivam, denominado de “jardim dos fungos”. Em seguida, espalham os fragmentos pelo jardim e os cortam em pedaços pequenos, misturando-os com suas salivas e fezes. Assim, esse material fica biodisponível para serem consumidos pelos fungos. Além disso, as fêmeas, durante o período de acasalamento, levam consigo um pedaço do fungo para a criação de um novo ninho, permitindo sua dispersão. Em troca, as larvas e a rainha se alimentam de estruturas do fungo chamadas de *gongylidias* e das hifas, enquanto os operários consomem açúcares presentes nas seivas das plantas e das hifas (SANTOS; CAZETTA, 2016; BEZERRA, 2018). As formigas-cortadeiras são seletivas em relação ao substrato que coletam, havendo algumas possíveis explicações, tais como, compostos químicos presentes nas plantas que sejam tóxicos ou que atrapalham a digestão do material nas formigas, valor nutricional, teor de umidade e aspectos físicos das plantas como, densidades dos tricomas, espessura da folha, grossura da seiva, entre outros, são alguns dos fatores que determinam sua atratividade para predação. Além disso, também é considerada a necessidade nutricional dos fungos para a coleta desses materiais (BORBA et al 2006; CAMPOS et al 2018).

Diferenciar os dois gêneros é relativamente fácil, já que suas morfologias e estrutura de ninho possuem distinções perceptíveis. As saúvas (*Atta*) operárias apresentam três pares de espinhos dorsais e tamanhos entre 12-15 mm de comprimento, enquanto as quenquéns possuem de quatro a cinco pares de espinhos dorsais e comprimento de 8-10 mm. Seus ninhos também diferem em estilo de construção (CAMPOS et al 2018; BEZERRA, 2018). O sauveiro, ninho da saúva, possui diversas câmaras subterrâneas interligadas em uma galeria longa e profunda, sendo comum a observação de um monte de terra solta, conhecido como panela, e orifícios que conectam o formigueiro com a superfície, os olheiros. No caso das quenquéns, os tamanhos são pequenos, mas podem variar entre as espécies, assim como o local onde é feito, podendo ser subterrâneo ou na superfície, coberto por materiais diversos (CAMPOS et al 2018). Por causa de suas capacidades de construção de formigueiros e transporte de materiais, são denominadas “engenheiras do ambiente”, uma vez que alteram as condições biológicas, químicas e físicas do meio. Aeração do solo, dispersão de sementes, aumento da penetrabilidade do solo e da disponibilidade dos nutrientes são alguns exemplos dos impactos importantes que as formigas possuem no ambiente (BEZERRA, 2018; VINHA et al 2016).

Estes grupos são encontrados apenas nas Américas, desde a Argentina até os Estados Unidos da América, abrangendo diversos biomas como as florestas tropicais e desertos (de BRITTO et al. 2016). No Brasil, existem nove espécies de saúvas e 21 de quenquéns, na qual algumas se restringem a algumas regiões específicas. Esses organismos, em território nacional, são considerados pragas em plantações de *Eucaliptos* e *Pinus*, causando centenas de milhões de dólares em prejuízos, já que afetam o crescimento e desenvolvimento da planta. São herbívoros dominantes, consumindo uma quantidade muito elevada de material vegetal, até mais do que outros grupos de insetos e mamíferos. As formigas têm grande atratividade por árvores exóticas, provocando a diminuição do diâmetro e altura das árvores, ou até a morte em casos mais extremos, pela desfolha das mesmas (BEZERRA, 2018; VINHA et al 2016). Por isso, foram criados métodos de controle das formigas-cortadeiras, sendo eles divididos em biológico, cultural, mecânico e químico (BOARETTO; FORTI, 1997).

Controle Biológico

O controle biológico consiste na utilização de predadores naturais, parasitas ou patógenos que possam reduzir a população, de forma controlada, de um certo grupo de indivíduos (BEZERRA, 2018).

No caso das formigas-cortadeiras, o uso de entomopatogênicos é o método biológico mais estudado para o controle desses organismos, no qual usufrui de fungos que parasitam insetos. Dentro desse grupo, ganham destaque as espécies *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae* por suas eficiências, além de serem facilmente manipuláveis. O processo de infecção ocorre pela degradação da cutícula que o protege, entrando no corpo do organismo, absorvendo seus nutrientes, impactando o sistema nervoso e órgãos internos, além de liberar toxinas. A combinação desses processos provoca alteração no comportamento, falta de nutrientes, paralisia, falência de órgãos, entre outros (BEZERRA, 2018; SANTOS et al 2020).

Apesar disso, existem vantagens e limitações no uso do controle biológico. São fungos seletivos, infectando apenas seres específicos, não havendo risco para outros organismos, inclusive para a saúde humana. Além disso, sua atuação sobre a praga é eficaz mesmo que não tenha sido ingerido, atingindo diversos estágios de desenvolvimento do hospedeiro. Outros aspectos interessantes são sua facilidade de cultivo em massa, assim como sua alta capacidade em combater a resistência desenvolvida pelo organismo (BEZERRA, 2018; HANSON; HILJE, 1993).

Porém, o emprego dos entomopatogênicos apresenta limitações como, por exemplo, a influência de fatores do meio e do hospedeiro em determinarem o sucesso ou não em infectar o indivíduo. Elementos como radiação UV, idade do hospedeiro, níveis de umidade e altas temperaturas podem comprometer o crescimento e desenvolvimento do fungo no organismo. Além disso, a falta de financiamento, profissionais qualificados em realizar os procedimentos, assim como, escassez de informações na literatura acadêmica acerca de metodologia e resultados nítidos de eficiência dos entomopatogênicos, impedem a aplicação extensiva desse recurso (GUÉDEZ et al 2008; CARRILLO-RAYAS; BLANCO-LABRA, 2009; ECKARD et al., 2017).

Controle Cultural

O controle cultural introduz outras plantas dentro da região em que as formigas atuam, a fim de incentivá-las a consumirem espécies diversas que diferem do *Eucalyptus* e *Pinus*. Os objetivos visam a diversificação da alimentação das formigas para grupos que não façam parte da cultura alvo ou a ingestão de espécies que possuam propriedades tóxicas para as saúvas e quenquéns. O gergelim (*Sesamum indicum*) foi apontado como um possível controlador das populações de saúvas, já que foram observadas desordens no formigueiro, diminuição do número de formigas e efeitos adversos aos fungos, pelo seu consumo por parte desses

organismos. Além disso, as formigas mostraram grande interesse na ingestão de *S. indicum* (BOARETTO; FORTI, 1997; SILVA et al. 1987).

Outros processos como aração e gradagem ajudam na eliminação de formigueiros em estágios iniciais, porém essa atividade deixou de ser utilizada com o início das práticas de cultura mínima, conhecidas por serem técnicas com baixa alteração física do solo (BOARETTO; FORTI, 1997).

Controle Mecânico

O controle mecânico é pouco utilizado, restringindo-se a áreas pequenas e ninhos de até 4 meses. Escava-se o formigueiro a fim de criar um colapso que possa eliminar a rainha, além de deixá-lo vulnerável a predadores. Também é inserido barreiras físicas de plástico em diversos formatos ao redor das árvores, havendo uma certa eficácia em cultivos pequenos, mas sendo necessária uma constante manutenção (MORESSI et al. 2007; VINHA et al. 2016; ZANETTI et al. 2014).

Controle Químico

O controle químico é o método mais aplicado por conta de sua eficiência na mortalidade das formigas-cortadeiras, alcançando locais profundos do ninho, além de seus baixos custos e não necessidade de profissionais especializados para sua utilização, dependendo do produto. O combate é feito a partir da aplicação de produtos tóxicos, dentro ou fora do ninho, nas formas de gases ou iscas granuladas (BEZERRA, 2018; CATALANI et al., 2019; VINHA et al. 2016).

Gases

A utilização de gases no controle das formigas vem através da termonebulização, na qual consiste em volatilizar um formicida, propagado em substâncias inflamáveis como querosene, óleo mineral ou vegetal, emitindo uma fumaça tóxica para dentro do formigueiro. A técnica apresenta alta eficiência na mortalidade das formigas-cortadeiras, conseguindo alcançar regiões profundas do ninho, tanto em fases iniciais quanto em ninhos estruturalmente complexos. Além disso, seu uso independe do tipo de solo e condições climáticas, sendo uma alternativa para as iscas granuladas em épocas de chuva, não sendo também, necessário estudos de medição do formigueiro (BOARETTO; FORTI, 1997; DE BRITTO et al. 2016; DELLA LUCIA et al. 1993).

Porém, esse método não possui recomendação de uso por seus malefícios tanto para o meio ambiente quanto para a saúde e bem-estar humano. Apresenta custos elevados, mão-de-obra especializada, manutenção constante, alta toxicidade para os seres vivos, contaminação dos solos e águas subterrâneas, danos à micro e macrofauna, risco dos funcionários se queimarem ou inalarem os gases. Outro problema que pode ocorrer é a possibilidade de causar um incêndio florestal por causa da emissão de faíscas e chamas durante o uso dos equipamentos (BEZERRA, 2018; de BRITTO et al. 2016).

Iscas granuladas

As iscas granuladas são inseticidas, na forma de pellets, compostas por um substrato atrativo, geralmente uma polpa cítrica desidratada, e um princípio ativo tóxico. É considerado o método mais eficiente e, também, o mais utilizado, além de ser mais seguro para quem aplica, economicamente viável e não necessitar de mão-de-obra especializada (CAMPOS et al 2018; CATALANI et al., 2019).

Para que o composto seja considerado apto ao combate das formigas-cortadeiras, é necessário atender os seguintes critérios: o substrato precisa ser atrativo o suficiente para ser captado pelos organismos alvo e o composto tóxico deve possuir ação lenta, letal em concentrações baixas, alcançar regiões profundas do formigueiro, ser estável química e fisicamente, além de apresentar baixa bioacumulação no ambiente (BOARETTO; FORTI, 1997).

O substrato, em sua grande maioria, é composto de polpa cítrica derivada da laranja, mas outras substâncias orgânicas já foram utilizadas, como o milho, folha de eucalipto, melaço de cana, farinha de soja, entre outros. A preferência pela laranja se deve ao fato de que o fruto possui nitrogênio, vitaminas, micronutrientes e alto índice de carboidratos, tornando-o um bom substrato para o cultivo do fungo (BOARETTO; FORTI, 1997; de BRITTO et al., 2016, DELLA LUCIA et al., 2013).

Dentre os princípios ativos, dois se destacam e são geralmente usados: Fipronil e Sulfluramida.

Fipronil

O Fipronil (Figura 6) é um composto do grupo fenilpirazóis criado pela Rhône Poulenc Ag Company, atualmente Bayer CropScience, utilizado para o combate de diversas pragas, tanto no agronegócio como em animais domésticos. Pode ser encontrado em três

formatos diferentes: isca granulada para formigas, cupins e baratas; spray contra pulgas e carrapatos em animais domésticos; e relva granulada para grilos (GUPTA; ANADÓN, 2018). O produto foi uma tentativa de substituir os inseticidas carbamatos, organofosforados e piretróides, introduzindo uma nova forma de ação, além do fato que os organismos começaram a apresentar resistências aos outros compostos (AAJOURD et al., 2003).

Ele atua no sistema nervoso como antagonista do receptor GABA, bloqueando os canais de cloro, ocasionando hiperexcitação e paralisia severa, levando à morte. Seu mecanismo afeta tanto insetos quanto outros seres, mas causa mais danos aos neurotransmissores de invertebrados do que mamíferos (GUNASEKARA et al., 2007).

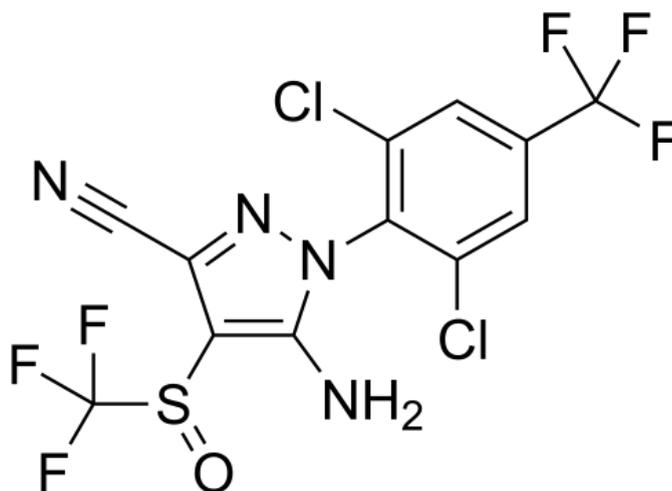
Estudos relatam que a substância possui alta persistência no ambiente, encontrado em solos e ambientes aquáticos. Além disso, sua toxicidade não se restringe apenas aos insetos, provocando a morte de organismos que não fazem parte do grupo alvo, como mamíferos e peixes, instalando-se em regiões lipídicas como gorduras e proteínas por causa de sua baixa solubilidade em água (GUNASEKARA et al., 2007; ZHANG et al., 2018).

Quando exposto no ambiente, é degradado em quatro possíveis compostos, sendo eles mais tóxicos do que o próprio Fipronil. Em solos, o produto sofre fotólise, resultando em fipronil-desulfenil. Quando oxidado produz fipronil-sulfona. Em hidrólise produz fipronil-amida e processos redutores embaixo dos solos produzem fipronil-sulfeto (GUNASEKARA et al., 2007).

Outros problemas toxicológicos que o Fipronil e seus derivados podem causar são a intoxicação do fígado e de outros órgãos, devido à desregulação da mitocôndria, danos ao DNA e proteínas e outros problemas nos processos metabólicos (GUPTA; ANADÓN, 2018).

O uso do composto como inseticida para formigas-cortadeiras tem perdido espaço não apenas por seus problemas ambientais, mas também, por causar uma rápida mortalidade, não permitindo que o composto se espalhe pela colônia e por serem observadas inconstâncias em sua atratividade (de BRITTO et al., 2016).

Figura 6 - Estrutura química da molécula de Fipronil.



Fonte: Wikimedia Commons

Sulfluramida

A Sulfluramida veio como uma alternativa para os métodos conhecidos, principalmente para substituir o Mirex, pesticida usado contra formigas-de-fogo, cupins e outros invertebrados, que posteriormente foi banido por seus malefícios contra o ambiente e seres vivos, incluindo o ser humano (CETESB, 2017; GILLJAM et al., 2016). Foi introduzida em 1989 como inseticida de formigas-cortadeiras dos gêneros *Atta ssp.* e *Acromyrmex spp.* em toda a América Latina nas plantações de milho, soja, açúcar e, no caso do Brasil, *Eucalyptus* e *Pinus* (GILLJAM et al., 2016). O composto atua na oxidação fosforilativa, interrompendo a produção de ATP na mitocôndria. Os principais sintomas causados são a movimentação lenta e redução da agressividade do organismo, uma vez que a produção de energia é interrompida, provocando a morte do indivíduo (BOARETTO; FORTI, 1997; SCHNELLMANN; MANNING, 1990).

Ela se destaca em relação a outros métodos por apresentar baixo custo, manuseio seguro, não necessitar de mão-de-obra e/ou equipamentos especializados, como também atratividade e eficiência aceitáveis. Além disso, possui ação lenta, permitindo que a formiga consiga espalhar o produto para áreas profundas da colônia antes de morrer (de BRITTO et al., 2016). As iscas são deixadas próximas às trilhas das formigas ou na entrada dos formigueiros, sendo carregadas para dentro do ninho, distribuídas pelo jardim dos fungos. Em seguida, as operárias lambem os pellets até ficarem hidratados, cortando-os em pequenos pedaços e os incorporando aos fungos. Esse processo acontece de 6 a 18 horas após a

aplicação do pesticida, contaminando 70% das operárias (de BRITTO et al., 2016; FORTI et al., 1993; FOWLER et al., 1991). Após 3 ou 4 dias, o formigueiro colapsa, apresentando uma grande desordem e alta mortalidade das formigas operárias, observando baixa mobilidade ou, em alguns casos, imobilidade. Aquelas que não foram contaminadas, começam a morrer por falta de alimentos (FORTI et al., 1993). Do quarto dia em diante, o cultivo dos fungos está desorganizado, com um grande crescimento de micélios de micro-fungos, sem que haja a possibilidade de uma recuperação do cultivo (de BRITTO et al., 2016). A partir do 13º dia, apenas a rainha está viva, podendo sobreviver até 40 dias. Na maioria dos casos, a mortalidade inteira da colônia acontece entre 16 - 22 dias (FORTI et al., 1993).

Atualmente, há diversos estudos que contestam a utilização da Sulfluramida, pelo fato de seu princípio ativo (EtFOSA) ser uma fonte de Ácido Perfluorooctano Sulfônico (PFOS), um grupo de químicos extremamente persistentes e tóxicos (NASCIMENTO et al., 2018; ZHAO et al., 2018). Seu ingrediente principal, *N*-etil perfluorooctano sulfonamida, também conhecido como EtFOSA, pode ser transformado de forma biótica ou abiótica. Yin et al. (2018) e Zhang et al. (2017) observaram a biotransformação do composto nos solos em condições aeróbicas, reduzindo a riqueza e diversidade microbiana. A presença de oxigênio no meio permite a oxidação do grupo metil para formar Acetato de Perfluorooctano Sulfonamida (FOSAA), em seguida o grupo acetato sofre redução, produzindo Perfluorooctano Sulfonamida (FOSA), que posteriormente são degradadas em PFOS. Em condições anaeróbicas não ocorreram alterações significativas tanto no composto quanto na microbiota (Yin et al. 2018; Zhang et al. 2017).

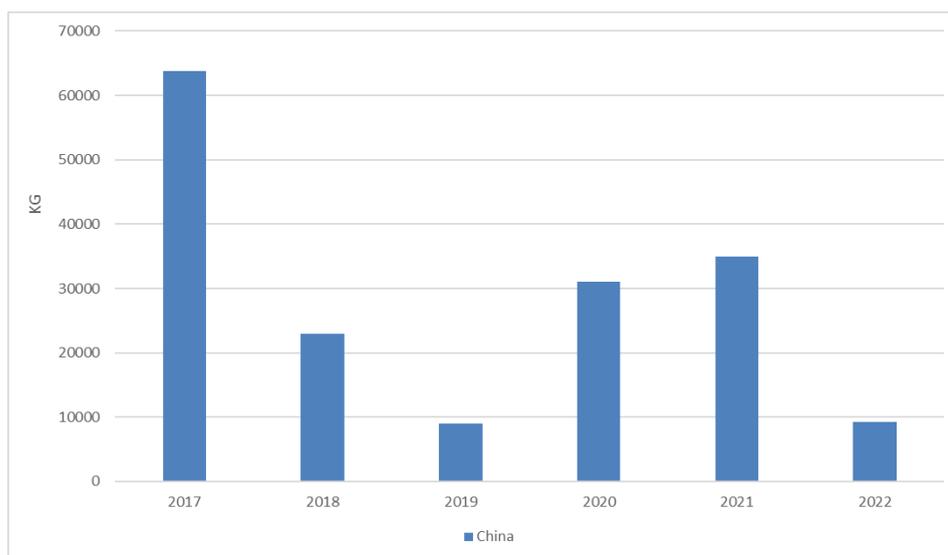
Durante a Convenção de Estocolmo de 2009, a Sulfluramida foi adicionada ao Anexo B por emitir PFOS ao ambiente. O documento propõe a restrição dos Ácidos Perfluorooctano sulfônicos (PFOS), seus sais e o Fluoreto de Perfluorooctano Sulfonil (POSF), visando parar completamente suas produções a partir do ano 2016. Alguns países conseguem permissão para continuarem utilizando esses compostos, dependendo dos motivos apresentados. No caso do Brasil, o mesmo alega que não há substitutos que tenham a mesma qualidade no combate das formigas-cortadeiras como a Sulfluramida (GILLJAM et al., 2016; STOCKHOLM CONVENTION, 2016).

4.1.3 Comercialização da Sulfluramida

Embora a Sulfluramida seja amplamente produzida, comercializada e exportada pelo Brasil, o seu precursor - POSF - é importado. Os dados sobre a importação de POSF,

disponíveis apenas a partir de 2017, mostram que a China é o único fornecedor deste composto para o Brasil (Figura 7 - gráfico de barras da importação de POSF). Como é necessária 1,6 tonelada de POSF para produzir 1 tonelada de Sulfluramida, é esperado que tenha sido fabricado 39 850 Kg de Sulfluramida apenas com os valores de importação de 2017 (GILLJAM et al. 2016).

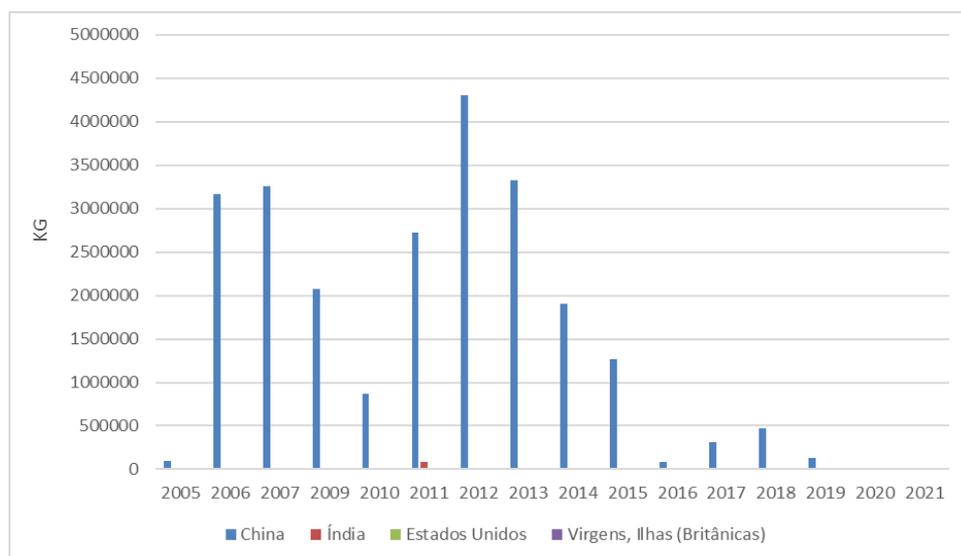
Figura 7 - Valores de importação (em Kg) de Fluoreto de Perfluorooctano Sulfonil (POSF)



Fonte: Autoria própria.

Apesar destes altos valores de produção de Sulfluramida, o Brasil também importou esta substância (Figura 8 - importação de Sulfluramida). Dos 4 países que venderam Sulfluramida para o Brasil, aqui também se destaca a China. Percebe-se que não há registro de importação para os anos de 1997 a 2004, 2008, 2022.

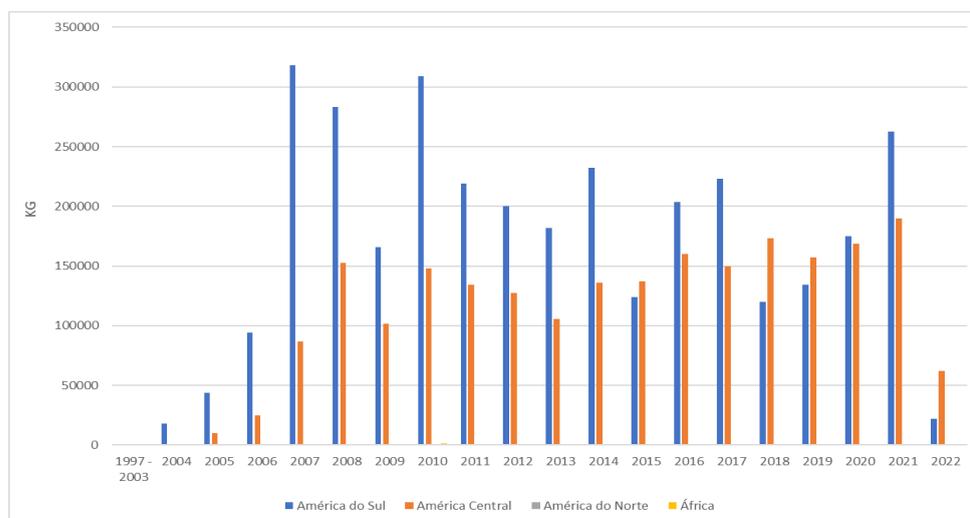
Figura 8 - Valores de importação (em Kg) de Sulfloramida comercial (0,03% EtFOSA).



Fonte: Autoria Própria.

Além do uso interno, o Brasil também exporta Sulfloramida para outros países, tanto na forma de Sulfloramida Técnica como Sulfloramida Comercial, principalmente da América do Sul (Figura 9 - exportação de Sulfloramida). Na forma de Sulfloramida Comercial, o Brasil exportou para dezenove países, porém os cinco maiores valores foram: Equador (1 457 820 Kg), Colômbia (722 482 Kg), Venezuela (682 183 Kg), Costa Rica (626 875 Kg), Panamá (501 200 Kg). Na forma de Sulfloramida Técnica, houve exportação apenas para a Argentina (2004-2021), totalizando 11 640 Kg líquidos, tendo uma queda acentuada a partir do ano 2018.

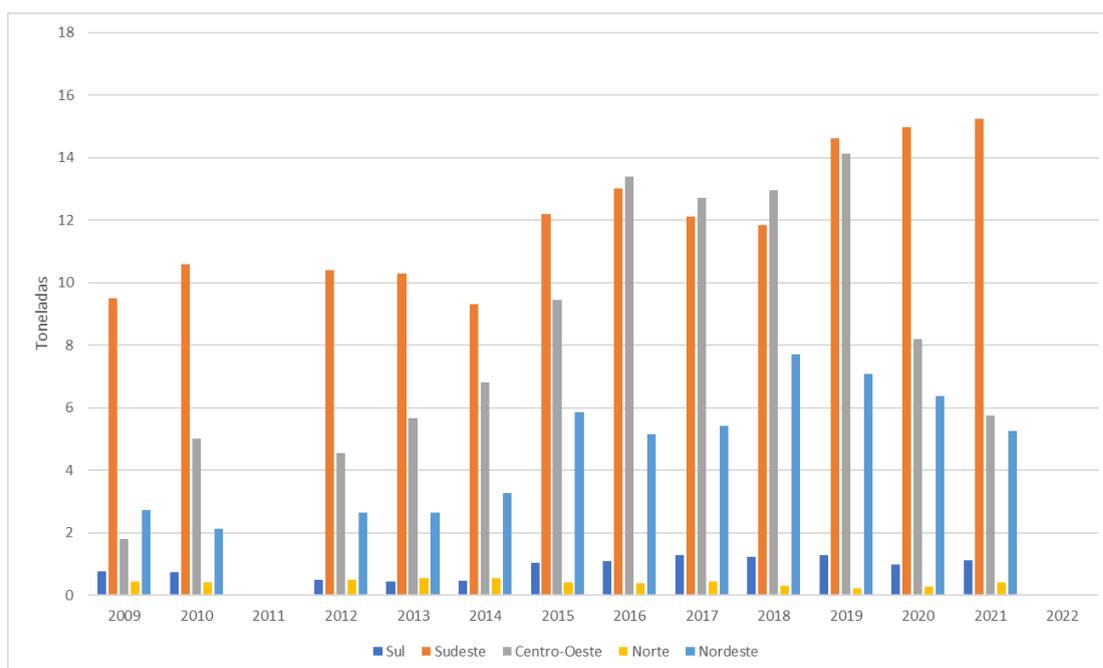
Figura 9 - Valores de exportação de Sulfluramida comercial (0,03% EtFOSA).



Fonte: Autoria Própria.

Em relação às vendas internas de Sulfluramida, os dados foram separados por regiões (Sul, Sudeste, Centro-Oeste, Norte, Nordeste) (Figura 10). Sudeste e Centro-Oeste tiveram os maiores valores, já que as principais plantações de *Eucalyptus* estão em Minas Gerais (MG), Mato Grosso do Sul (MS) e São Paulo (SP), enquanto a de *Pinus* está mais concentrada no Sul (RS e PR) e Sudeste (SP) (RODRIGUES et al., 2021; EMBRAPA, 2023). Nos anos de 2011 e 2022, não foram informados os valores pelo órgão responsável.

Figura 10 - Vendas de Sulfluramida Comercial para as Unidades Federativas



Fonte: Autoria Própria.

5. DISCUSSÃO

Cousins et al. (2019) sugerem que a essencialidade deve se basear no impacto que o composto possui na saúde, segurança e funcionamento da sociedade, assim como, na existência de alternativas tecnicamente e financeiramente viáveis. No entanto, Glüge et al. (2021) também sugerem antes avaliar se a função exercida por um determinado PFAS é necessária no produto em questão.

Em relação aos métodos de combate de formigas-cortadeiras em plantações de *Eucalyptus* e *Pinus*, os mais eficazes no modelo de produção atual - monocultura de larga escala - são as iscas formicidas. Entre as iscas, a Sulfloramida é apresentada pela literatura como a melhor opção por diversos motivos, como ser um composto financeiramente viável, de fácil manuseio e aplicação, que não apresenta risco para quem aplica e possui resultados satisfatórios, principalmente quando comparada com outros métodos químicos (de BRITTO et al., 2016). Além disso, Fipronil e Clorpirifós seriam as supostas alternativas, mas apresentam toxicidade mais elevada para mamíferos, organismos aquáticos e abelhas do que a própria Sulfloramida (VINHA et al., 2020). No entanto, aqui é importante destacar que os trabalhos não avaliam - e nem discutem - a toxicidade dos produtos da degradação da Sulfloramida. Da mesma forma, há uma lacuna de estudos que avaliam a ocorrência de PFAS oriundos da Sulfloramida usada nas plantações de *Eucalyptus* e *Pinus*.

Com base no exposto acima, em um primeiro momento parece que o uso da Sulfloramida é essencial para manter as plantações de *Eucalyptus* e *Pinus* visto que não há alternativa eficiente para substituí-la. Isso é especialmente importante quando considera-se que a silvicultura de *Eucalyptus* e *Pinus* desempenham um papel importante na sociedade brasileira através da geração de empregos, seja direta ou indiretamente, e de recursos financeiros significativos para o Brasil (IBÁ, 2022). Além disso, as proporções da produção nacional são de magnitudes grandes o suficiente para suprir o mercado interno e externo, colocando o país em elevadas posições no mercado internacional.

Porém, a falta de informações sobre alternativas tanto nos cultivos de espécies exóticas quanto para a Sulfloramida, é uma variável importante para analisar o estudo de caso em sua totalidade, tornando a afirmação de que a Sulfloramida é essencial, imprecisa. Neste contexto, uma outra pergunta sobre essencialidade emerge: “O quanto essencial são as plantações de *Eucalyptus* e *Pinus* para o Brasil?”.

Diversos autores citam a escassez de trabalhos que tragam dados e abordam discussões sobre plantações de espécies nativas, seja para o setor madeireiro ou para reflorestamento. Barbosa et al. (2004) e Carvalho (1982) criticam a limitação do reflorestamento por mata nativa pela falta de conhecimento em técnicas de silvicultura com mudas nacionais. Rolim et al. (2019) e Rolim e Piotto, (2018) argumentam que a ausência de investimento em tecnologia e pesquisa, assim como, políticas públicas, ocasionam a baixa adesão da silvicultura nativa por parte de produtores rurais, enquanto o setor de mata exótica teve financiamento de US\$ 35 bilhões em 2016. Liu et al. (2018) e Nguyen et al. (2014) destacam que cultivos de grupos nacionais são mais complexos que monoculturas, além do pouco conhecimento técnico do manejo desses plantios. O fato dos autores dissertarem sobre assuntos similares em trabalhos de períodos distantes uns dos outros, revela que a cultura de *Eucalyptus* e *Pinus* não necessariamente seja essencial, mas sim uma dependência causada pela falta de informação sobre espécies nativas, não havendo parâmetros de comparação entre mata exótica e nacional.

Outros pontos como o impacto dessas culturas na qualidade e quantidade hídrica, assim como, a falta de biodiversidade causada pela monocultura, o chamado deserto verde, somam as incertezas em relação ao cultivo dessas espécies. Salgado e Júnior (2006) observaram fortes relações entre a dinâmica de produção de *Eucalyptus* e processos erosivos nas encostas, contribuindo no assoreamento dos cursos fluviais da região. Oliveira (2002) relata a redução no período do fluxo de rios temporários na região de Jequitinhonha, pela substituição de mata nativa do cerrado por plantações exóticas. Vecchi e Magalhães Júnior (2018) criticam a monocultura por provocar a baixa biodiversidade, impedindo que outras espécies se estabeleçam no local.

No caso da Sulfloramida, estudos com alternativas promissoras têm aumentado. As principais frentes de pesquisas em alternativas abordam métodos biológicos com o uso de entomopatogênicos, fungos que parasitam insetos. Fung (2022) investigou a ação de fungos endofíticos de oliveira sobre formigas-cortadeiras da espécie *Atta sexdens*., encontrando bons resultados de mortalidade dos organismos parasitados. Bezerra (2018) avaliou a eficiência de algumas espécies de fungos sobre formigas-cortadeiras e a viabilidade de unir inseticidas com métodos biológicos. Poiani et al. (2023) estudaram a utilização do complexo-Mg1 como alternativa para Fipronil e Sulfloramida, obtendo resultados satisfatórios, além de ser menos danoso ao ambiente, em tese. O autor também sugere pesquisas que explorem o potencial do composto como substituto dos principais pesticidas contra as formigas-cortadeiras. Essa

crescente no número de resultados favoráveis e a atualidade dos trabalhos abrem espaço para o surgimento de alternativas viáveis ao uso de N-EtFOSA ou, pelo menos, sua diminuição ao conciliar com outras técnicas de combate às formigas-cortadeiras. No entanto, é necessário mais investimento na busca dessas alternativas.

Ademais, a inconsistência dos dados de exportação e importação agregam na brecha que existe em relação ao uso do pesticida e evidencia a baixa adesão do país em cumprir com as medidas propostas na Convenção de Estocolmo. Gilljam et al. (2015) afirmam que a Sulfluramida foi introduzida no Brasil em 1993, porém é possível observar com os valores de comercialização obtidos pelos autores e com o presente trabalho que apenas em 2004 esses dados foram contabilizados. Para a matéria-prima do pesticida (POSF) os valores foram contabilizados a partir de 2017, sendo que o país exporta o praguicida desde 2004, com os maiores valores de venda em 2007.

Além disso, a relação entre os dados divulgados é incoerente. A importação da matéria-prima do pesticida (POSF) decaiu entre 2017-2022, mas o número de vendas da Sulfluramida cresce durante esse período, revelando uma contradição nas informações acerca do comércio da substância no Brasil.

6. CONCLUSÃO

As plantações de *Eucalyptus* e *Pinus* possuem impactos na economia brasileira, seja com sua presença no mercado nacional e internacional quanto na criação de empregos. Neste contexto, as iscas formicidas à base de Sulfluramida são importantes para o funcionamento dessa prática. No entanto, a falta de conhecimento acerca de culturas de espécies nativas, assim como, o aumento de estudos em relação à alternativas para o uso da Sulfluramida derrubam a ideia que a silvicultura de matas exóticas e a utilização de pesticidas a base de N-EtFOSA sejam essenciais, uma vez que não há clareza o suficiente para determinar, se de fato, a produção atual seja a mais eficiente em termos técnicos, financeiros e ambientais.

Com isso, não é possível categorizar o tema principal em “não essencial”, “substituível” ou “essencial” como diz Cousins et al. (2019) por haver uma lacuna, não na metodologia, mas sim no nível de conhecimento atual sobre o tema, que precisa ser preenchida para servir como base das fundamentações da discussão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AAJOURD, Asmae; RAVANEL, Patrick; TISSUT, Michel. Fipronil Metabolism and Dissipation in a Simplified Aquatic Ecosystem. **Journal Of Agricultural And Food Chemistry**, [S.L.], v. 51, n. 5, p. 1347-1352, 1 fev. 2003. American Chemical Society (ACS). <http://dx.doi.org/10.1021/jf025843j>.

ANDRADE, Maria Luiza de Carvalho. **Efeito do maquinário de colheita florestal na compactação do solo**. 2014. 84 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência do Solo, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.

ARMITAGE, James M.; SCHENKER, Urs; SCHERINGER, Martin; MARTIN, Jonathan W.; MACLEOD, Matthew; COUSINS, Ian T.. Modeling the Global Fate and Transport of Perfluorooctane Sulfonate (PFOS) and Precursor Compounds in Relation to Temporal Trends in Wildlife Exposure. **Environmental Science & Technology**, [S.L.], v. 43, n. 24, p. 9274-9280, 12 nov. 2009. American Chemical Society (ACS). <http://dx.doi.org/10.1021/es901448p>.

BARBOSA, Antenor P.; SAMPAIO, Paulo de .T. B.; CAMPOS, Moacir. A. A.; VARELA, Vânia P.; GONÇALVES, Cláudia de Q. B.; IIDA, Shigeo. Tecnologia alternativa para a quebra de dormência das sementes de pau-de-balsa (*Ochroma lagopus* Sw., Bombacaceae). **Acta Amazonica**, [S.L.], v. 34, n. 1, p. 107-110, 2004. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0044-59672004000100013>.

BEZERRA, Nathalia Souza. **EFICIÊNCIA DE FUNGOS ENTOMOPATOGÊNICOS SOBRE FORMIGAS CORTADEIRAS (HYMENOPTERA: FORMICIDAE)**. 2018. 93 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Biotecnologia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2018.

BOARETTO, M. A. C.; FORTI, L. C. **Perspectivas no controle de formigas cortadeiras**. **Série técnica IPEF**, v. 11, n. 30, p. 31-46, 1997.

BROOKE, David. **Environmental Risk Evaluation Report: Perfluorooctanesulphonate (PFOS)**. Wallingford: Environment Agency, 2004.

CAMPOS, Ana Eugênia de Carvalho; ZORZENON, Francisco José. **Programa de sanidade em agricultura familiar–formigas cortadeiras**. 2018.

CARRILLO-RAYAS, M. T.; BLANCO-LABRA, A. **Potencial y Algunos de los Mecanismos de Acción de los Hongos Entomopatógenos para el Control de Insectos Plaga**. Acta Universitaria, v. 19, n. 2, p. 40-49, 2009.

CARVALHO, Paulo Ernani R. Resultados experimentais de especies madeireiras nativas no Estado do Parana. In: **Anais do Congresso Nacional sobre essencias nativas. Silvicultura en Sao Paulo. Editorial especial Revista Do Instituto Forestal Sao Paulo Brasil**. 1982. p. 747-765.

CATALANI, Gabriela C.; SOUSA, Kátia K.A.; CAMARGO, Roberto S. da; CALDATO, Nadia; MATOS, Carlos A.O.; FORTI, Luiz C.. Chemical control of leaf-cutting ants: how do workers disperse toxic bait fragments onto fungus garden?. **Revista Brasileira de Entomologia**, [S.L.], v. 63, n. 4, p. 290-295, out. 2019. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1016/j.rbe.2019.09.004>.

CETESB. **Mirex**. 2017. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/24/2013/11/Mirex.pdf>.

CONVENTION, Stockholm. **Perfluorooctane sulfonic acid, its salts and perfluorooctane sulfonyl fluoride**. 2016.

COUSINS, I.T.; GOLDENMAN, G.; HERZKE, D.; LOHMANN, R.; MILLER, M.; NG, C.A.; PATTON, S.; SCHERINGER, M.; TRIER, X.; VIERKE, L. The concept of essential use for determining when uses of PFASs can be phased out. **Environmental Science: Processes & Impacts**, [S.L.], v. 21, n. 11, p. 1803-1815, 2019.

COUSINS, I.T.; WITT, J.C.; GLÜGE, J.; GOLDENMAN, G.; HERZKE, D.; LOHMANN, R.; MILLER, M.; NG, C.A.; PATTON, S.; SCHERINGER, M. Finding essentiality feasible: common questions and misinterpretations concerning the essential-use concept. **Environmental Science: Processes & Impacts**, [S.L.], v. 23, n. 8, p. 1079-1087, 2021.

DE BRITTO, Júlio Sérgio et al. Use of alternatives to PFOS, its salts and PFOSF for the control of leaf-cutting ants *Atta* and *Acromyrmex*. **International Journal of Research in Environmental Studies**, 2016.

OLIVEIRA, Fernando Roberto de; MENEGASSE, Leila Nunes; DUARTE, Uriel. IMPACTO AMBIENTAL DO EUCALIPTO NA RECARGA DE ÁGUA SUBTERRÂNEA EM ÁREA DE CERRADO, NO MÉDIO VALE DO JEQUITINHONHA, MINAS GERAIS. **Águas Subterrâneas**, [s. l.], v. 1, n. 1, p. 1-10, jan. 2002.

DELLA LUCIA, Terezinha Mc; GANDRA, Lailla C; GUEDES, Raul Nc. Managing leaf-cutting ants: peculiarities, trends and challenges. **Pest Management Science**, [S.L.], v. 70, n. 1, p. 14-23, 30 out. 2013. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/ps.3660>.

ECKARD, Sonja; BACHER, Sven; ENKERLI, Jürg; GRABENWEGER, Giselher. A simple in vitro method to study interactions between soil insects, entomopathogenic fungi, and plant extracts. **Entomologia Experimentalis Et Applicata**, [S.L.], v. 163, n. 3, p. 315-327, 21 maio 2017. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/eea.12578>.

EMBRAPA. **O Pínus.** Disponível em: <https://www.embrapa.br/florestas/transferencia-de-tecnologia/pinus/perguntas-e-respostas>.

ESPANA, Victor Andres Arias; MALLAVARAPU, Megharaj; NAIDU, Ravi. Treatment technologies for aqueous perfluorooctanesulfonate (PFOS) and perfluorooctanoate (PFOA): a critical review with an emphasis on field testing. **Environmental Technology & Innovation**, [S.L.], v. 4, p. 168-181, out. 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eti.2015.06.001>.

ESPARTERO, Lore Jane L; YAMADA, Miko; FORD, Judith; OWENS, Gary; PROW, Tarl; JUHASZ, Albert. Health-related toxicity of emerging per- and polyfluoroalkyl substances: comparison to legacy pfos and pfoa. **Environmental Research**, [S.L.], v. 212, p. 113431, set. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envres.2022.113431>.

FAO. Forestry Production and Trade. World production quantity, import quantity, import value, export quantity, export value. Pulp for paper and Paper. 2018.

FENTON, Suzanne E.; DUCATMAN, Alan; BOOBIS, Alan; DEWITT, Jamie C.; LAU, Christopher; NG, Carla; SMITH, James S.; ROBERTS, Stephen M.. Per- and Polyfluoroalkyl Substance Toxicity and Human Health Review: current state of knowledge and strategies for informing future research. **Environmental Toxicology And Chemistry**, [S.L.], v. 40, n. 3, p. 606-630, 7 dez. 2020. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/etc.4890>.

FORTI, L. C. et al. Metodologias para experimentos com iscas granuladas para formigas cortadeiras. **As formigas cortadeiras**, v. 13, p. 191-211, 1993.

FOWLER, H. G.; CLAVER, S. Leaf-cutter ant assemblies: effects of latitude, vegetation, and behaviour. **Ant-Plant Interaction. Oxford University Press, Oxford**, p. 59-64, 1991.

FUNG, Andresa Toledo. **Ação de fungos endofíticos de oliveira (*Olea europaea*) sobre formigas-cortadeiras (*Atta sexdens*) e seu fungo mutualista (*Leucoagaricus gongylophorus*)**. Dissertação (Mestrado em Sanidade, Segurança Alimentar e Ambiental no Agronegócio) – Programa de Pós-Graduação, Instituto Biológico, São Paulo, 2022.

GILLJAM, J.L.; LEONEL, J.; COUSINS, I.T.; BENSKIN, J.P. Is Ongoing Sulfluramid Use in South America a Significant Source of Perfluorooctanesulfonate (PFOS)? Production Inventories, Environmental Fate, and Local Occurrence. **Environmental Science & Technology**, [S.L.], v. 50, n. 2, p. 653-659, dez. 2015.

GLÜGE, J.; LONDON, R.; COUSINS, I.T.; DEWITT, J.; GOLDENMAN, G.; HERZKE, D.; LOHMANN, R.; MILLER, M.; NG, C.A.; PATTON, S. Information Requirements under the Essential-Use Concept: pfas case studies. **Environmental Science & Technology**, [S.L.], v. 56, n. 10, p. 6232-6242, out. 2021.

GONZÁLEZ-GAYA, Belén; CASAL, Paulo; JURADO, Elena; DACHS, Jordi; JIMÉNEZ, Begoña. Vertical transport and sinks of perfluoroalkyl substances in the global open ocean. **Environmental Science: Processes & Impacts**, [S.L.], v. 21, n. 11, p. 1957-1969, 2019. Royal Society of Chemistry (RSC). <http://dx.doi.org/10.1039/c9em00266a>.

GUNASEKARA, Amrith S.; TRUONG, Tresca; GOH, Kean S.; SPURLOCK, Frank; TJEERDEMA, Ronald S.. Environmental fate and toxicology of fipronil. **Journal Of Pesticide Science**, [S.L.], v. 32, n. 3, p. 189-199, 2007. Pesticide Science Society of Japan. <http://dx.doi.org/10.1584/jpestics.r07-02>.

GUPTA, Ramesh C.; ANADÓN, Arturo. Fipronil. **Veterinary Toxicology**, [S.L.], p. 533-538, 2018. Elsevier. <http://dx.doi.org/10.1016/b978-0-12-811410-0.00042-8>.

HANSON, P.; HILJE, L. **Control Biológico de Insectos**. Turrialba: Centro Agronomico Tropical de Investigacion y Enseñanza, 1993.

IBÁ [Indústria Brasileira de Árvores] **Relatório Anual, 2022**.

KRAFFT, M.P.; RIESS, J.G. Per- and polyfluorinated substances (PFASs): environmental challenges. **Current Opinion In Colloid & Interface Science**, [S.L.], v. 20, n. 3, p. 192-212, 2015.

LEONEL, Juliana; NASCIMENTO, Rodrigo; MIRANDA, Daniele. COMPOSTOS PERFLUORADOS: uma ameaça ao oceano limpo. **Química Nova**, [S.L.], v. 46, n. 6, p. 627-635, 2023. Sociedade Brasileira de Química (SBQ). <http://dx.doi.org/10.21577/0100-4042.20230049>.

LIU, Corsa Lok Ching; KUCHMA, Oleksandra; KRUTOVSKY, Konstantin V.. Mixed-species versus monocultures in plantation forestry: development, benefits, ecosystem services and perspectives for the future. **Global Ecology And Conservation**, [S.L.], v. 15, jul. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gecco.2018.e00419>.

Ministry of the Environment. Brasília. MMA: National implementation plan Brazil: **Convention Stockholm**, p. 97. 2015

MIRANDA, Daniele de A.; LEONEL, Juliana; BENSKIN, Jonathan P.; JOHANSSON, Jana; HATJE, Vanessa. Perfluoroalkyl Substances in the Western Tropical Atlantic Ocean. **Environmental Science & Technology**, [S.L.], v. 55, n. 20, p. 13749-13758, 7 out. 2021. American Chemical Society (ACS). <http://dx.doi.org/10.1021/acs.est.1c01794>.

MORESSI, M. et al. RESUMO EXPANDIDO 060 A EFICIÊNCIA DO CONTROLE MECÂNICO DE FORMIGAS CORTADEIRAS (ATTA LAEVIGATA) NO REFLORESTAMENTO COM ESPÉCIES NATIVAS. **Biológico, São Paulo**, v. 69, n. suplemento 2, p. 471-473, 2007.

NASCIMENTO, R.A.; NUNOO, D.B.O.; BIZKARGUENAGA, E.; SCHULTES, L.; ZABALETA, I.; BENSKIN, J.P.; SPANÓ, S; LEONEL, J. Sulfloramid use in Brazilian agriculture: a source of per- and polyfluoroalkyl substances (pfass) to the environment. **Environmental Pollution**, [S.L.], v. 242, p. 1436-1443, nov. 2018.

NGUYEN, Huong; FIRN, Jennifer; LAMB, David; HERBOHN, John. Wood density: a tool to find complementary species for the design of mixed species plantations. **Forest Ecology And Management**, [S.L.], v. 334, p. 106-113, dez. 2014. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2014.08.022>.

PAN, Yitao; CUI, Qianqian; WANG, Jinghua; SHENG, Nan; JING, Jun; YAO, Bing; DAI, Jiayin. Profiles of Emerging and Legacy Per-/Polyfluoroalkyl Substances in Matched Serum and Semen Samples: new implications for human semen quality. **Environmental Health Perspectives**, [S.L.], v. 127, n. 12, dez. 2019. Environmental Health Perspectives. <http://dx.doi.org/10.1289/ehp4431>.

PEDEN-ADAMS, M.M.; EUDALY, J.G.; DABRA, S.; EUDALY, A.; HEESEMANN, L.; SMYTHE, J.; KEIL, D.E. Suppression of Humoral Immunity Following Exposure to the Perfluorinated Insecticide Sulfluramid. **Journal Of Toxicology And Environmental Health, Part A**, [S.L.], v. 70, n. 13, p. 1130-1141, jun. 2007.

PENTEADO JUNIOR, Joel Ferreira. **Eucalipto**. 2019.

POIANI, Silvana Beani et al. The Influence of Selected Insecticides on the Oxidative Response of *Atta sexdens* (Myrmicinae, Attini) Workers. **Neotropical Entomology**, p. 1-12, 2023.

RAMOS, Vânia Maria; CUNHA, Fabiane; KUHN, Karen Carolina; LEITE, Rafael Gervasoni Ferreira; ROMA, Wellington Franckievicz. Alternative Control of the Leaf-Cutting Ant *Atta bisphaerica* Forel (Hymenoptera: formicidae) via homeopathic baits. **Sociobiology**, [S.L.], v. 60, n. 2, p. 145-149, 29 jun. 2013. Universidade Estadual de Feira de Santana. <http://dx.doi.org/10.13102/sociobiology.v60i2.145-149>

RODRIGUES, Gelze Serrat de Souza Campos et al. EUCALIPTO NO BRASIL: Expansão geográfica e impactos ambientais. Uberlândia: **Composer**, 2021.

ROLIM, S. G.; PIOTTO, D. (Eds). **Silvicultura e tecnologia de espécies da Mata Atlântica**. Editora Rona, Belo Horizonte, 160 p., 2018.

ROLIM, S.G.; PIÑA-RODRIGUES, F.C.M.; PIOTTO, D.; BATISTA, A.; FREITAS, M.L.M.; BRIENZA JUNIOR, S.; ZAKIA, M.J.B.; CALMON, M. Research gaps and priorities in silviculture of native species in Brazil. Working paper. São Paulo, 2019. WRI Brasil.

SAIKAT, Soheli; KREIS, Irene; DAVIES, Bethan; BRIDGMAN, Stephen; KAMANYIRE, Robie. The impact of PFOS on health in the general population: a review. **Environ. Sci.: Processes Impacts**, [S.L.], v. 15, n. 2, p. 329-335, 2013. Royal Society of Chemistry (RSC). <http://dx.doi.org/10.1039/c2em30698k>.

SALGADO, André Augusto Rodrigues; MAGALHÃES JÚNIOR, Antônio Pereira. Impactos da silvicultura de eucalipto no aumento das taxas de turbidez das águas fluviais: o caso de mananciais de abastecimento público de caeté/mg. **Revista Geografias**, [S.L.], v. 2, n. 1, p. 47-57, 1 jul. 2006. Universidade Federal de Minas Gerais - Pro-Reitoria de Pesquisa. <http://dx.doi.org/10.35699/2237-549x.13194>.

SANTOS, I. C. S.; CASTRO, I. A. de; PORTELA, V. O.; SIQUEIRA, E. L. S.; ANTONIOLLI, Z. I. . **Biocontrol of Ants of the Acromyrmex Genus with fungus entomopathogenic. Research, Society and Development**, [S. l.], v. 9, n. 10, p. e3089108494, 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i10.8494.

SANTOS, Thiara Teixeira; CAZETTA, Márcia Luciana. Formigas da tribo Attini e sua interação com micro-organismos. **Revista Científica da FHO| UNIARARAS** v. 4, n. 1, 2016.

SCHNELLMANN, Rick G.; MANNING, Randall O.. Perfluorooctane sulfonamide: a structurally novel uncoupler of oxidative phosphorylation. **Biochimica Et Biophysica Acta (Bba) - Bioenergetics**, [S.L.], v. 1016, n. 3, p. 344-348, abr. 1990. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/0005-2728\(90\)90167-3](http://dx.doi.org/10.1016/0005-2728(90)90167-3).

SHIMIZU, Jarbas Yukio. Introdução. In: SHIMIZU, Jarbas Yukio. **Pínus na Silvicultura Brasileira**. Colombo: **Embrapa Florestas**, 2008. p. 16.

SILVA, E. .; FIEDLER, N. .; CARMO, F. .; MACHADO, C. .; SILVA, E. . **AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS DO CORTE FLORESTAL COM HARVESTER. ENCICLOPEDIA BIOSFERA**, [S. l.], v. 8, n. 14, 2012.

SILVA, M. E.; DIEHL-FLEIG, E. Comparação da eficiência da aplicação direta de fungos entomopatogênicos para o controle de formigas cortadeiras (Acromyrmex). In: **Anais do Congresso Brasileiro de Entomologia**. Caxambu, Brazil: Entomological Society of Brazil, 1995. p. 332.

SONG, Xiaofei; TANG, Shaoyu; ZHU, Haimin; CHEN, Zhiyuan; ZANG, Zhijun; ZHANG, Yanan; NIU, Xiaojun; WANG, Xiaojun; YIN, Hua; ZENG, Feng. Biomonitoring PFAAs in blood and semen samples: investigation of a potential link between pfaas exposure and semen mobility in china. **Environment International**, [S.L.], v. 113, p. 50-54, abr. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envint.2018.01.010>.

SOUZA, A.P.; PAIM, F.; BELLATO, V.; SARTOR, A.A.; MOURA, A.B.; ROSA, L.D.; MIQUELLUTI, D.J.. Avaliação da eficácia do fipronil em *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* em tratamentos consecutivos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, [S.L.], v. 66, n. 1, p. 55-60, fev. 2014. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-09352014000100009>.

SUNDERLAND, E. M.; HU, X.C.; DASSUNCAO, C.; TOKRANOV, A. K.; WAGNER, C.C.; ALLEN, J.G. A review of the pathways of human exposure to poly- and perfluoroalkyl substances (PFASs) and present understanding of health effects. **Journal Of Exposure Science & Environmental Epidemiology**, [S.L.], v. 29, n. 2, p. 131-147, nov. 2018.

SZNAJDER-KATARZYŃSKA, K.; SURMA, M.; CIEŚLIK, I. A Review of Perfluoroalkyl Acids (PFAAs) in terms of Sources, Applications, Human Exposure, Dietary Intake, Toxicity, Legal Regulation, and Methods of Determination. **Journal Of Chemistry**, [S.L.], v. 2019, p. 1-20, jun. 2019.

TORRES, F. B. M.; GUIDA, Y.; WEBER, R.; TORRES, J. P. M.. Brazilian overview of per- and polyfluoroalkyl substances listed as persistent organic pollutants in the stockholm convention. **Chemosphere**, [S.L.], v. 291, p. 132674, mar. 2022.

TUOTO, Marco; HOEFLICH, Vitor Afonso. A Indústria Florestal Brasileira Baseada em Madeira de Pinus: Limitações e Desafios. In: SHIMIZU, Jarbas Yukio. Pinus na Silvicultura Brasileira. Colombo: **Embrapa Florestas**, 2008. p. 17-47.

VECHI, Anderson de; MAGALHÃES JÚNIOR, Carlos Alberto de Oliveira. ASPECTOS POSITIVOS E NEGATIVOS DA CULTURA DO EUCALIPTO E OS EFEITOS AMBIENTAIS DO SEU CULTIVO. **Revista Valore**, [S.L.], v. 3, n. 1, p. 495-507, 14 jun. 2018. Instituto de Cultura Técnica Sociedade Civil Ltda. <http://dx.doi.org/10.22408/rev312018101495-507>.

VINHA, Germano Lopes et al. Leaf-cutting ants in commercial forest plantations of Brazil: Biological aspects and control methods. **Southern Forests: a Journal of Forest Science**, v. 82, n. 2, p. 95-103, 2020.

WANG, Z.; DEWITT, J.C.; HIGGINS, C.P.; COUSINS, I.T.. A Never-Ending Story of Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFASs)? **Environmental Science & Technology**, [S.L.], v. 51, n. 5, p. 2508-2518, fev. 2017.

WEE, Sze Yee; ARIS, Ahmad Zaharin. Revisiting the “forever chemicals”, PFOA and PFOS exposure in drinking water. **NPJ Clean Water**, v. 6, n. 1, p. 57, 2023.

XIE, Shuangwei; WANG, Tieyu; LIU, Shijie; JONES, Kevin C.; SWEETMAN, Andrew J.; LU, Yonglong. Industrial source identification and emission estimation of perfluorooctane sulfonate in China. **Environment International**, [S.L.], v. 52, p. 1-8, fev. 2013. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envint.2012.11.004>.

YEUNG, Leo W.y.; DASSUNCAO, Clifton; MABURY, Scott; SUNDERLAND, Elsie M.; ZHANG, Xianming; LOHMANN, Rainer. Vertical Profiles, Sources, and Transport of PFASs in the Arctic Ocean. **Environmental Science & Technology**, [S.L.], v. 51, n. 12, p. 6735-6744, 5 jun. 2017. American Chemical Society (ACS). <http://dx.doi.org/10.1021/acs.est.7b00788>.

YIN, Tingru; TE, Shu Harn; REINHARD, Martin; YANG, Yi; CHEN, Huiting; HE, Yiliang; GIN, Karina Yew-Hoong. Biotransformation of Sulfluramid (N-ethyl perfluorooctane sulfonamide) and dynamics of associated rhizospheric microbial community in microcosms of wetland plants. **Chemosphere**, [S.L.], v. 211, p. 379-389, nov. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.07.157>.

ZABALETA, I.; BIZKARGUENAGA, E.; NUNOO, D.B. O.; SCHULTES, L.; LEONEL, J.; PRIETO, A.; ZULOAGA, O.; BENSKIN, J.P. Biodegradation and Uptake of the Pesticide Sulfluramid in a Soil–Carrot Mesocosm. **Environmental Science & Technology**, [S.L.], v. 52, n. 5, p. 2603-2611, fev. 2018.

ZANETTI, Ronald; ZANUNCIO, José; SANTOS, Juliana; SILVA, Willian da; RIBEIRO, Genésio; LEMES, Pedro. An Overview of Integrated Management of Leaf-Cutting Ants (Hymenoptera: formicidae) in brazilian forest plantations. **Forests**, [S.L.], v. 5, n. 3, p. 439-454, 20 mar. 2014. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/f5030439>.

ZHANG, Bo; ZHANG, Lei; HE, Lujue; YANG, Xiaodong; SHI, Yali; LIAO, Shaowei; YANG, Shan; CHENG, Jiagao; REN, Tianrui. Interactions of Fipronil within Fish and Insects: experimental and molecular modeling studies. **Journal Of Agricultural And Food Chemistry**, [S.L.], v. 66, n. 23, p. 5756-5761, 7 abr. 2018. American Chemical Society (ACS). <http://dx.doi.org/10.1021/acs.jafc.8b00573>.

ZHANG, Lilan; LEE, Linda S.; NIU, Junfeng; LIU, Jinxia. Kinetic analysis of aerobic biotransformation pathways of a perfluorooctane sulfonate (PFOS) precursor in distinctly different soils. **Environmental Pollution**, [S.L.], v. 229, p. 159-167, out. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2017.05.074>.

ZHANG, Wenping; PANG, Shimei; LIN, Ziqiu; MISHRA, Sandhya; BHATT, Pankaj; CHEN, Shaohua. Biotransformation of perfluoroalkyl acid precursors from various environmental systems: advances and perspectives. **Environmental Pollution**, [S.L.], v. 272, p. 115908, mar. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115908>.

ZHAO, Shuyan; WANG, Bohui; ZHU, Lingyan; LIANG, Tiankun; CHEN, Meng; YANG, Liping; LV, Jingping; LIU, Lifen. Uptake, elimination and biotransformation of N-ethyl perfluorooctane sulfonamide (N-EtFOSA) by the earthworms (*Eisenia fetida*) after in vivo and in vitro exposure. **Environmental Pollution**, [S.L.], v. 241, p. 19-25, out. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2018.05.046>.