

**EFICIÊNCIA E IMPACTOS AMBIENTAIS DOS ACEIROS NA MITIGAÇÃO DE
INCÊNDIOS FLORESTAIS: UMA REVISÃO**

**EFFICIENCY AND ENVIRONMENTAL IMPACTS OF FIREBREAKS IN FOREST FIRE
MITIGATION: A REVIEW**

**EFICIENCIA E IMPACTOS AMBIENTALES DE LA MITIGACIÓN DE INCENDIOS
FORESTALES: UNA REVISIÓN**

 10.56238/revgeov16n4-086

Marcio Franck de Figueiredo

Mestrado em Engenharia Mecânica

Instituição: Universidade do Estado do Pará

E-mail: marciofranck@uepa.br

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-6356-6528>

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/6969421942963998>

Bernard Josiah Barlow

Doutorado em Ecologia

Instituição: Lancaster Environment Centre

E-mail: josbarlow@gmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-4992-2594>

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/8559847571278134>

Joice Nunes Ferreira

Doutorado em Ecologia

Instituição: Embrapa Amazônia Oriental

E-mail: joyce.ferreira@embrapa.br

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-4008-2341>

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1679725851734904>

Gysele Maria Morais Costa

Doutorado em Ciências Ambientais

Instituição: Universidade do Estado do Pará

E-mail: gyselemorais@hotmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-3801-4312>

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/3849390270628854>

Iedo Souza Santos

Doutorado em Engenharia de Produção

Instituição: Universidade do Estado do Pará

E-mail: joyce.ferreira@embrapa.br

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-2563-3245>

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0003944334870038>



João Rodrigo Coimbra Nobre

Doutorado Ciência e Tecnologia da Madeira

Instituição: Universidade do Estado do Pará

E-mail: rodrigonobre@uepa.br

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-6276-205X>Lattes: <http://lattes.cnpq.br/5919580023061751>**RESUMO**

Os incêndios florestais representam uma ameaça crescente em escala global, intensificada pela ação antrópica e pelas mudanças climáticas. Neste cenário, os aceiros configuram-se como estratégias relevantes para a prevenção e o manejo do fogo, ao atuarem como barreiras físicas capazes de interromper ou reduzir sua propagação. Este estudo realizou uma revisão sistemática, segundo a metodologia PRISMA, de artigos científicos publicados até dezembro de 2024, a fim de identificar as características, a eficácia e os impactos ecológicos e ambientais associados à implantação de aceiros em situações reais de fogo. A análise evidenciou dois tipos principais: aceiros convencionais e aceiros verdes. Os primeiros promovem a remoção parcial ou total da vegetação superficial, reduzindo a carga de biomassa combustível e sendo eficazes sob condições de baixa intensidade do fogo e clima favorável. No entanto, exigem manutenção contínua e podem intensificar processos de degradação do solo, como erosão e proliferação de espécies invasoras. Os aceiros verdes, por sua vez, são compostos por espécies vegetais com baixa inflamabilidade, alto teor de umidade e plasticidade, organizadas em arranjos multiestruturados que dificultam a propagação do fogo nos planos horizontal e vertical. Diante do aumento na frequência e intensidade dos incêndios, compreender as implicações ecológicas e a eficiência funcional de cada tipo de aceiro é fundamental para subsidiar decisões quanto à sua aplicação em diferentes contextos socioambientais, contribuindo para estratégias preventivas mais sustentáveis e adaptadas às especificidades dos territórios.

Palavras-chave: Prevenção de Incêndios. Estruturas de Contenção. Barreiras Vegetais. Serviços Ecosistêmicos.

ABSTRACT

Wildfires represent a growing global threat, intensified by anthropogenic actions and climate change. In this context, firebreaks have emerged as relevant strategies for fire prevention and management, functioning as physical barriers capable of interrupting or reducing fire spread. This study conducted a systematic review, following the PRISMA methodology, of scientific articles published up to December 2024, aiming to identify the characteristics, effectiveness, and ecological and environmental impacts associated with the implementation of firebreaks under real fire conditions. The analysis revealed two main types: conventional firebreaks and green firebreaks. Traditional firebreaks involve the partial or complete removal of surface vegetation to reduce fuel loads and are effective under low-intensity fire scenarios and favorable weather conditions. However, they require ongoing maintenance and may exacerbate soil degradation processes, such as erosion and the proliferation of invasive species. Green firebreaks, in contrast, are composed of plant species with low flammability, high moisture content, and ecological plasticity, arranged in multistructural formations that limit fire spread both horizontally and vertically. Given the increasing frequency and severity of wildfires, understanding the ecological implications and functional efficiency of each firebreak type is essential to guide decisions regarding their implementation across diverse socio-environmental contexts, contributing to more sustainable and territorially adapted fire prevention strategies.

Keywords: Fire Prevention. Containment Structures. Vegetative Barriers. Ecosystem Services.

RESUMEN

Los incendios forestales representan una amenaza creciente a escala global, intensificada por las influencias antropogénicas y el cambio climático. En este contexto, los cortafuegos son estrategias importantes para la prevención y el manejo de incendios, actuando como barreras físicas capaces de



detener o reducir su propagación. Este estudio realizó una revisión sistemática, utilizando la metodología PRISMA, de artículos científicos publicados hasta diciembre de 2024, para identificar las características, la efectividad y los impactos ecológicos y ambientales asociados con la implementación de cortafuegos en situaciones reales de incendio. El análisis reveló dos tipos principales: cortafuegos convencionales y cortafuegos verdes. Los primeros promueven la eliminación parcial o total de la vegetación superficial, reduciendo la carga de biomasa combustible y siendo efectivos en condiciones de fuego de baja intensidad y clima favorable. Sin embargo, requieren un mantenimiento continuo y pueden intensificar los procesos de degradación del suelo, como la erosión y la proliferación de especies invasoras. Los cortafuegos verdes, a su vez, están compuestos por especies vegetales con baja inflamabilidad, alto contenido de humedad y plasticidad, organizadas en estructuras multiestructuradas que dificultan la propagación del fuego horizontal y verticalmente. Dada la creciente frecuencia e intensidad de los incendios, comprender las implicaciones ecológicas y la eficiencia funcional de cada tipo de cortafuegos es esencial para fundamentar las decisiones sobre su aplicación en diferentes contextos socioambientales, contribuyendo así a estrategias preventivas más sostenibles y adaptadas a las particularidades de los territorios.

Palabras clave: Prevención de Incendios. Estructuras de Contención. Barreras Vegetales. Servicios Ecosistémicos.



1 INTRODUÇÃO

A atual perturbação nas paisagens florestais ocasionada por incêndios florestais influencia e sofre influência das mudanças climáticas, sendo o ser humano, de forma direta ou indireta, um dos principais responsáveis pela mudança nos regimes de incêndios florestais alterando, principalmente, o padrão de ignição e a biomassa combustível em interfaces urbanos florestais (GRANSTRÖM e NIKLASSON, 2008; GATTI *et al.*, 2021).

Os incêndios florestais constituem um dos principais responsáveis pelo aumento das variações e impacto espaço-temporais nos ecossistemas terrestres, ocorrendo com frequência e intensidade cada vez maiores em decorrência das mudanças climáticas. (BANKS *et al.*, 2011).

A complexidade das variáveis envolvidas nos incêndios aliada à velocidade de progressão dificulta a previsão e neutralização dos focos, fazendo com que os incêndios florestais se tornem uma ameaça real à fauna, à flora e à vida humana em vários países do mundo (HÄDRICH *et al.*, 2021).

Silvério *et al.* (2022) destacam o papel das secas severas como responsável pelo aumento das fontes de ignição no que eles consideram como o novo regime de incêndios florestais em regiões como o sul da Amazônia impactando tanto em áreas antropizadas quanto em áreas protegidas, que se tornam cada vez mais inflamáveis em decorrência do efeito das mudanças climáticas e práticas agrícolas de limpeza com fogo. Em muitas regiões do mundo, os incêndios florestais comportam-se como verdadeiras catástrofes móveis que ultrapassam as fronteiras físicas de países vizinhos e causam impactos ecológicos, ambientais, econômicos e sociais nas regiões afetadas (KAZATO e SOYOLLHAM, 2022).

Quando se pensa em ferramentas que possam auxiliar o gerenciamento de incêndios de forma a combater o fogo e evitar que incêndios florestais tomem proporções ambientais catastróficas, os aceiros aparecem como as estruturas com melhores condições de retardar a propagação do fogo (CARRASCO *et al.*, 2023).

A ideia de aceiros ou corta-fogos surgiu da observação do comportamento que o fogo tinha em incêndios florestais ao encontrar pela frente estruturas que funcionavam como barreiras naturais (lagos, riachos, falésias, penhascos, montanhas) e impediam a propagação do incêndio para áreas vizinhas, fazendo com que a ideia de se utilizar barreiras físicas ou espaciais viessem a ser pensadas e planejadas para conter a propagação do fogo em áreas já fragilizadas de forma a fazer com que os incêndios florestais não se propagassem e atingissem outras áreas florestais, agrícolas ou urbanas (BERGERON *et al.*, 2004; PRICE *et al.*, 2007; NIELSEN *et al.*, 2016).

Quando bem concebidos, os aceiros podem funcionar como corta-fogos eficientes dentro das condições de paisagem onde são criados podendo alterar o regime de fogo através da redução da biomassa combustível seca de fácil ignição por limpeza ou densificação vegetal das barreiras com



espécies que conjuntamente consigam, em arranjos estruturais, parar ou minimizar a propagação do fogo. (AGEE *et al.*, 2000; CUI *et al.*, 2019).

Apesar dos incêndios florestais ocorrerem desde os primórdios da humanidade, a primeira menção a aceiros remonta a 1886, quando o Conselho Estadual de Silvicultura do Estado da Califórnia recomendou a construção de corta-fogos na forma de faixas com largura suficiente para, em teoria, interromper a propagação do fogo em situações de incêndios florestais, implantados entre áreas propícias a incêndios e áreas a serem protegidas. A implantação, no entanto, só veio a ocorrer quase um século depois, em 1957, na Califórnia, EUA, onde a abordagem previa, além da limpeza, o manejo contínuo da faixa de solo exposto em áreas estrategicamente localizadas frente a focos de incêndio, sendo esta, a abordagem mais conhecida e mencionada quando se pensa em estratégias para a contenção do fogo (ZIEGLER *et al.*, 2020; KHAN e MOINUDDIN, 2021).

Atualmente, a mudança no perfil de uso e ocupação da terra tem contribuído para um aumento significativo no número de focos de incêndio, potencializadas pelos efeitos das mudanças climáticas, trazendo à tona discussões quanto a utilização de metodologias de contenção do fogo que, aliadas a políticas públicas e fiscalização, possam ajudar a mitigar os efeitos dos incêndios florestais para o clima e a manutenção da biodiversidade, onde os aceiros e aceiros verdes aparecem como alternativas viáveis com facilidade de implementação.

Nesse contexto, o artigo busca contribuir para a análise quanto a utilização e eficiência dos aceiros em situações reais de fogo assim como os impactos ecológicos, ambientais e sociais de sua implantação de forma a subsidiar discussões que possam auxiliar políticas públicas e gestores florestais na tomada de decisão quanto à viabilidade ou não de sua utilização na mitigação de incêndios florestais.

2 METODOLOGIA

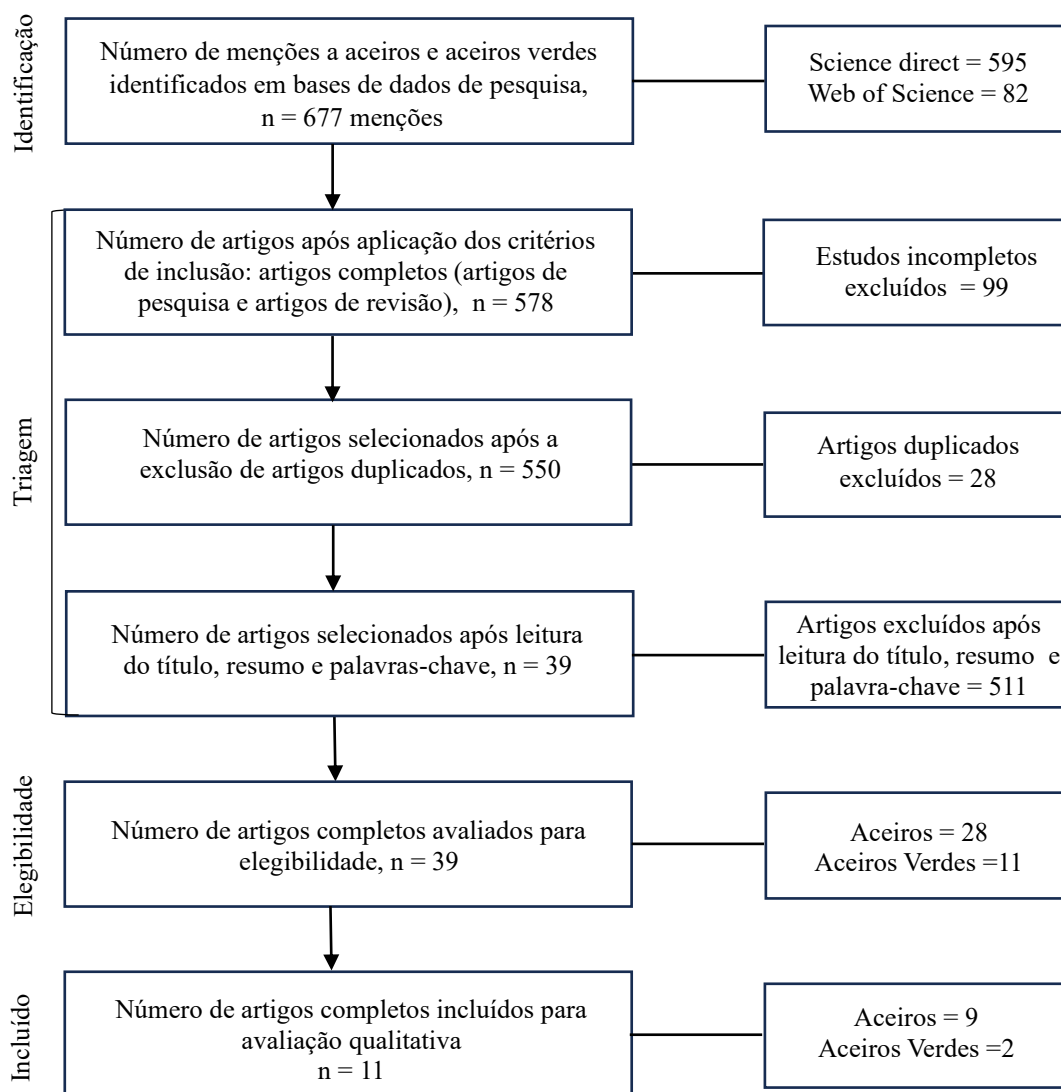
O estudo sobre a utilização de aceiros na contenção de incêndios florestais incluiu todos os artigos de pesquisa relacionados ao tema, disponíveis na literatura científica, na forma de artigos publicados em periódicos revisados por pares. Para tanto, com base na metodologia PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), realizou-se uma busca sistemática nas bases de dados Science Direct e Web of Science por estudos publicados até dezembro de 2024 sobre aceiros (firebreaks) e aceiros verdes (green firebreaks) utilizados como faixas de interrupção de continuidade de combustível para a mitigação de incêndios florestais usando como string de busca: Wildfires AND (Firebreaks OR Green firebreaks) como palavras-chave apresentadas no Título, Resumo ou Palavras-chave.

O processo de seleção seguiu as etapas de identificação, triagem, elegibilidade e inclusão, conforme detalhado no fluxograma PRISMA (Figura 1). Na etapa de identificação foram encontradas 677 menções gerais a aceiros (595 na Science Direct e 82 na Web of Science). Dessas 677 menções,



excluiu-se, no processo de triagem, 99 trabalhos por não se enquadrarem como artigos completos, 28 artigos por duplicidade e 511 artigos após leitura do título, resumo e palavra-chave restando 39 artigos completos que tratavam de aceiros (28 artigos) e aceiros verdes (11 artigos) como infraestrutura preventiva contra incêndios florestais. Após a leitura criteriosa dos artigos no intuito de se entender os tipos, as características de funcionamento, a eficácia e os impactos ecológicos e ambientais da implantação de aceiros, foram incluídos para a análise e discussão, apenas os artigos em que os aceiros e aceiros verdes foram implantados fisicamente, resultando em 9 artigos sobre aceiros e 2 artigos sobre aceiros verdes.

Figura 1- Estudos sobre aceiros e aceiros verdes publicados até dezembro de 2024.



Fonte: os autores



3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tipos de aceiros utilizados na contenção de incêndios florestais

A análise da literatura revelou dois tipos principais de aceiros utilizados na contenção de incêndios florestais: os aceiros convencionais e os aceiros verdes. Ambos compartilham a mesma ideia central de interromper a propagação do fogo, porém diferem significativamente em suas características estruturais e estratégias de manejo.

Os aceiros convencionais, descritos na literatura por Price *et al.* (2007), Suffling *et al.* (2008), Stubbendieck e Tunnell (2008), Ruiz-Mirazo *et al.* (2011), Eastaugh e Molina (2012), Ruiz-Mirazo e Robles (2012), Ruiz-Mirazo e Gonzalez-Rebollar (2013), Seipel *et al.* (2018), Velamazán *et al.* (2018), Fernández *et al.* (2019), Kennedy *et al.* (2019), Hädrich *et al.* (2021), Frangieh *et al.* (2021), Thomas *et al.* (2021), Frost *et al.* (2022), Demange *et al.* (2022), Zong *et al.* (2022), Shmuel e Heifetz (2023), Carrasco *et al.* (2023), Petersen *et al.* (2023), Barovik e Taranchuk (2023), Arango *et al.* (2024), Martins *et al.* (2024), N'dri, Kpré e Doumbia (2024), Kishore *et al.* (2024), Zong *et al.* (2024), Avci *et al.* (2021) e Wen *et al.* (2024), são construídos por meio da remoção parcial ou total da vegetação, criando faixas de solo exposto com largura variável. Essas faixas reduzem a continuidade da biomassa combustível e atuam como barreiras físicas ao avanço do fogo de superfície. A manutenção desses aceiros varia de acordo com o contexto local e pode envolver queimas prescritas, uso de máquinas ou pastoreio direcionado.

Por outro lado, os aceiros verdes adotam uma abordagem baseada na implantação de espécies vegetais com baixa inflamabilidade, boa adaptabilidade e alta capacidade de regeneração pós-fogo. Dispostas em arranjos específicos ou faixas densas multiestruturadas, essas espécies formam barreiras vivas que dificultam a propagação do fogo de superfície e de copa, minimizando o impacto ambiental da intervenção (MILLER, 2006; SANTAMARTA-CEREZAL *et al.*, 2012; CURRAN *et al.*, 2018; CUI *et al.*, 2019; MURRAY *et al.*, 2020; ZONG *et al.*, 2021; WANG *et al.*, 2021; MCGRANAHAN e WONKKA, 2022; OLIVEIRA *et al.*, 2023; MARSHALL *et al.*, 2024; PAGADALA *et al.*, 2024).

A **Tabela 1** apresenta uma síntese das características estruturais dos aceiros convencionais e aceiros verdes implantados pelo mundo, onde pode-se observar variados arranjos estruturais, métodos de implantação e espécies utilizadas, evidenciando a adequação de estratégias às condições ecológicas e operacionais de cada local. Regiões de clima semiárido e mediterrâneo foram predominantes entre os aceiros convencionais, com verões quentes e secos, baixa umidade relativa e ventos moderados a fortes, conforme relatado em estudos realizados nos Estados Unidos, Espanha, Austrália e Rússia (STUBBENDIECK; TUNNELL, 2008; EASTAUGH; MOLINA, 2012; RUIZ-MIRAZO; GONZALEZ-REBOLLAR, 2013; SEIPEL *et al.*, 2018; VELAMAZÁN *et al.*, 2018; FERNÁNDEZ *et al.*, 2019; KENNEDY *et al.*, 2019; FROST *et al.*, 2022; WEN *et al.*, 2024).



Tabela 1: Características dos aceiros e locais de implantação

Tipos de Aceiros	Características dos aceiros	Pais onde foi implantado	Características climáticas do local da implantação	Autores
Aceiros Convencionais	Implantado em 1926. Formado por uma faixa de solo exposto de 1,6 km de largura por 4,8 km de comprimento, implantado entre seções de fragmentos de florestas e mantida limpa através de pastoreio intenso para redução de biomassa.	EUA	Região de clima semiárido, com precipitação anual média de 533 mm concentrada na primavera e verão. As temperaturas variam de -12 °C a 30 °C e a umidade relativa do ar entre 62% e 65% ao longo do ano e ventos constantes, com velocidades médias entre 15 e 25 km/h.	Stubbenieck e Tunnell (2008)
Aceiros Convencionais	Implantados entre 2006 e 2007. Formados por faixas de 20 a 40 m de largura com solo parcialmente exposto, árvores esparsas e vegetação rasteira em alguns pontos, sem manutenção efetiva.	Austrália	Região de clima temperado montanhoso, marcada por verões quentes, baixa umidade e ventos frequentes. Nos períodos mais secos as temperaturas variam entre 34°C e 39,6°C, com umidade relativa entre 21% e 44% e ventos velocidades na faixa de 24km/h.	Eastaugh e Molina (2012)
Aceiros Convencionais	Implantado em 2005. Formado por uma faixa linear de solo exposto de 35 m de largura por 1,4 km de extensão, seguida de uma área de 38 ha com desbaste seletivo e pastoreio.	Espanha	Região de planalto semiárido, com clima mesomediterrâneo caracterizado por baixa pluviosidade anual (média de 302 mm) e forte variação térmica, com temperaturas que variam de -15°C no inverno a 40°C no verão e umidade relativa baixa com ventos moderados a fortes, especialmente nas estações secas.	Ruiz-Mirazo e Robles (2012) e Ruiz-Mirazo e Gonzalez-Rebollar (2013)
Aceiros Convencionais	Implantados em 2012. Formado por uma faixa de solo totalmente exposto de 5 m de largura por 4 km de comprimento.	EUA	Região no sudoeste de Montana (EUA), com clima semiárido frio, temperatura média anual de 6,4°C e precipitação média de 400 mm. Nos meses de verão a umidade relativa tende a ser mais baixa e os ventos de velocidade moderada a alta.	Seipel <i>et al.</i> (2018)
Aceiros Convencionais	Implantado em meados de 1998. Formados por faixas lineares com limpeza seletiva, de 15 a 60 m de largura por 40 km de comprimento.	Espanha	Região de clima mediterrâneo semiárido, caracterizado por verões longos e secos, com precipitação anual entre 200 e 500 mm e alta variabilidade sazonal, de grande amplitude térmica e umidade relativa baixa na maior parte do ano com ventos de moderados a fortes por conta do tipo de terreno.	Velamazán <i>et al.</i> (2018)
Aceiros Convencionais	Sem menção ao ano de implantação. Formado por uma	Espanha	Região de clima mediterrâneo quente, com	Fernandez <i>et al.</i> (2019)



	faixa de solo exposta de 20 m de largura por 4 km de extensão linear.		verões secos e alta radiação solar, típica do Parque Nacional de Doñana, sudoeste da Espanha. Durante o período de estudo, As temperaturas médias variaram entre 23,9 °C e 30,2 °C, com baixa umidade relativa e ventos leves a moderados, com velocidades entre 2,2 e 6,5 m/s.	
Aceiros Convencionais	Implantado entre os anos 1998 e 2002 através de limpeza parcial de desbaste seletivo, onde algumas espécies vegetais são mantidas para gerar áreas de sombra. Largura variável de 400 a 600 m sem pastoreio e manutenção de limpeza feita por queimas prescritas e máquinas.	EUA	Região de clima mediterrâneo, com verões quentes e secos e invernos frios e úmidos. A temperatura média varia de – 34 °C a 43 °C durante o ano, com umidade relativa muito baixa no período da estação seca e ventos de 14,5 km/h.	Kennedy <i>et al.</i> (2019)
Aceiros Convencionais	Implantado a partir de 2012. Aceiros formado por faixas de 4 a 15 m, de solo exposto e vegetação modificada por desbaste seletivo.	EUA	Região de clima semiárido e altitude entre 1.363 e 2.211m com precipitação anual média de 226 mm de chuva, temperaturas acima dos 35°C nos períodos mais secos do ano e umidade relativa variável durante o ano e comumente mais baixa nos períodos secos com ventos intensos que chegam a 48km/h.	Frost <i>et al.</i> (2022)
Aceiros Convencionais	Implantados entre 2005 e 2007. Aceiros formados por faixas de largura entre 15 a 30 m, sem remoção total da cobertura, mantendo parte da vegetação rasteira ou arbustiva no interior de florestas mediterrâneas.	Rússia	Região de clima mediterrâneo, com verões quentes, secos e invernos mais úmidos. As temperaturas médias acima dos 30 °C no verão com umidade relativa geralmente abaixo de 40% no mesmo período. A precipitação anual varia entre 350 e 500 mm e os ventos tendem a atingir velocidades moderadas a altas nos períodos mais secos.	Wen <i>et al.</i> (2024).
Aceiros verdes	Implantado a partir de 2004 com espécies nativas adaptadas (<i>Phoenix canariensis</i> , <i>Salix canariensis</i> e <i>Olea cerasiformis</i>), com características de baixa inflamabilidade, alto poder de enraizamento e retenção de água no solo, boa regeneração e adaptabilidade ao clima local, plantadas em estruturas de quincônio com espaçamento de 2 a 3 m.	Espanha	Região de clima subtropical semiárido, com forte influência oceânica e ventos alísios. Caracterizado por chuvas irregulares e torrenciais de curtos períodos, seguidas por longos períodos de estiagem. As temperaturas variam pouco ao longo do ano, diferente da umidade relativa. Os ventos são fortes em decorrência da geografia da região.	<u>Santamarta-Cerezal <i>et al</i> (2012).</u>



Aceiros verdes	Implantados a partir de 1982, em densas faixas verdes multiestruturadas, com largura média de 10 m, compostas por árvores de 8 a 9 m de altura, arbustos e plantas herbáceas de baixa inflamabilidade, como <i>Schima wallichii</i> , <i>Schima superba</i> e <i>Amomum villosum</i> organizadas em estratos que vão do mais baixo para o mais alto, formando uma barreira viva com dossel fechado e solo mais úmido, que dificultam a propagação do fogo.	China	Regiões de clima subtropical úmido, com verões quentes e chuvosos e invernos amenos. A temperatura média anual varia entre 18 °C e 22 °C, com umidade relativa do ar acima dos 75% ao longo do ano e ventos de 1,0 a 4,9 m/s.	Cui <i>et al</i> (2019).
----------------	--	-------	---	--------------------------

Fonte: os autores.

Nos aceiros verdes, os arranjos estruturais e a seleção de espécies variam de acordo com as características de inflamabilidade, resistência e capacidade de adaptação às condições edafoclimáticas locais. Na Espanha, por exemplo, desde 2004, utilizam-se espécies como *Phoenix canariensis* e *Olea cerasiformis*, dispostas em quincônio, para conter o fogo em regiões semiáridas sujeitas a estiagens prolongadas e fortes ventos (SANTAMARTA-CEREZAL *et al.*, 2012). Já na China, desde 1982, adotam-se faixas com dossel fechado compostas por *Schima wallichii*, *Schima superba* e *Amomum villosum*, em ambientes de clima subtropical úmido, com alta umidade relativa e ventos moderados (CUI *et al.*, 2019). Esses resultados demonstram que a eficácia dos aceiros está diretamente relacionada à sua adaptação às características ambientais regionais.

Eficácia dos aceiros e aceiros verdes em situações reais de fogo

A análise da eficácia dos aceiros convencionais e aceiros verdes frente ao fogo revela contrastes significativos entre os diferentes tipos de barreiras e suas respostas em situações reais de incêndio. Embora aceiros convencionais tenham apresentado bom desempenho em simulações ou em condições de fogo de baixa intensidade, sua capacidade de contenção mostrou-se limitada diante de incêndios severos, especialmente sob condições climáticas extremas, onde ventos fortes e altas temperatura em condições de baixa umidade relativa do ar, potencializam e intensificam a propagação das chamas. Nessas condições, mesmo os aceiros que apresentavam grandes larguras e baixa concentração de biomassa não conseguiram funcionar efetivamente, permitindo o avanço do fogo além das barreiras. Em contrapartida, os aceiros verdes demonstraram maior eficácia e conseguiram atenuar ou mesmo impedir completamente a progressão do fogo, mesmo sob condições adversas, devido ao arranjo multiestructural e à escolha de espécies vegetais de baixa inflamabilidade, capazes de manter umidade no solo e criar microclimas desfavoráveis à combustão.

Em situações em que os aceiros convencionais não foram diretamente expostos ao fogo, a redução da biomassa inflamável foi utilizada como critério para inferir sua eficácia, embora isso não substitua a comprovação prática, influenciada por questões climáticas. Assim, a **Tabela 2** apresenta os



diferentes tipos de aceiros analisados, suas características estruturais e desempenho frente a situações reais de fogo, oferecendo um panorama comparativo fundamental para compreender.

Tabela 2: Eficácia dos aceiros implantados frente a situações de fogo

Tipo de aceiro	Características do aceiro	Eficácia do aceiro em situação de fogo	Autores
Aceiro Convencional	Implantado em 1926. Formado por uma faixa de solo exposto de 1,6 km de largura por 4,8 km de comprimento, implantado entre seções de fragmentos de florestas e mantida limpa através de pastoreio intenso para redução de biomassa.	Não foi exposto diretamente ao fogo, mas a redução da biomassa inflamável atendeu, segundo os autores, ao pressuposto de eficácia como aceiro.	Stubbendieck e Tunnell (2008)
Aceiro Convencional	Implantados entre 2006 e 2007. Formados por faixas de 20 a 40 m de largura com solo parcialmente exposto, árvores esparsas e vegetação rasteira em alguns pontos, sem manutenção efetiva.	Não conseguiu ser eficaz em situação de fogo extremo ocorrido em 2009, onde mesmo os aceiros onde a manutenção da biomassa seca fora realizada de forma eficiente, a força dos ventos e altura das chamas fizeram com que o fogo se propagasse para além das barreiras.	Eastaugh e Molina (2012)
Aceiro Convencional	Implantado em 2005. Formado por uma faixa linear de solo exposto de 35 m de largura por 1,4 km de extensão, seguida de uma área de 38 ha com desbaste seletivo e pastoreio.	Não foram relatados incêndios reais após a implantação. Entretanto, simulações realizadas com dados da biomassa remanescente seca indicaram que o pastoreio conseguiu a manter baixa a biomassa seca (cerca de 200 kg/ha) que, em condições de fogo de baixa propagação (7 m/min) e chamas de até 0,6 m de altura teriam eficácia na contenção. Os estudos também indicaram que o desbaste aleatório intenso ajuda a criar descontinuidade no dosse, prevenindo incêndios de copa e o desbaste leve e regular ajudaria a controlar o fogo de sub-bosque.	Ruiz-Mirazo e Robles (2012) e Ruiz-Mirazo e Gonzalez-Rebollar (2013)
Aceiro Convencional	Implantados em 2012. Formado por uma faixa de solo totalmente exposto de 5 m de largura por 4 km de comprimento.	Os aceiros passaram por uma situação de fogo considerada de baixa a moderada intensidade, onde se pode avaliar a área queimada, a não queimada e o aceiro entre elas, constatando a eficácia em situações de fogo baixo a moderado.	Seipel <i>et al.</i> (2018)
Aceiro Convencional	Implantado em meados de 1998. Formados por faixas lineares com limpeza seletiva, de 15 a 60 m de largura por 40 km de comprimento.	O aceiro não foi testado em situações reais de fogo. No entanto, a disposição da vegetação via desbaste seletivo, ajudou a reduzir a carga de biomassa combustível indicando	Velamazán <i>et al.</i> (2018)



		possível eficiência do aceiro em situações de fogo.	
Aceiro Convencional	Sem menção ao ano de implantação. Formado por uma faixa de solo exposta de 20 m de largura por 4 km de extensão linear.	O aceiro não foi testado em situações reais de fogo, sendo avaliado apenas no aspecto ecológico, tendo o aceiro, funcionado como uma barreira ao deslocamento natural da borboleta <i>Plebejus argus</i> , afetando a conectividade entre habitats.	Fernández <i>et al.</i> (2019)
Aceiro Convencional	Implantado entre os anos 1998 e 2002 através de limpeza parcial de desbaste seletivo, onde algumas espécies vegetais são mantidas para gerar áreas de sombra. Largura variável de 400 a 600 m sem pastoreio e manutenção de limpeza feita por queimas prescritas e máquinas.	Em situação de fogo extremo, o aceiro conseguiu ser eficiente, diminuindo a severidade das chamas mesmo com o avanço além da borda. Isso atenuou o impacto na floresta	Kennedy <i>et al.</i> (2019)
Aceiro Convencional	Implantado a partir de 2012. Aceiros formado por faixas de 4 a 15 m, de solo exposto e vegetação modificada por desbaste seletivo.	Em situação de fogo extremo, o aceiro conseguiu ser eficiente, diminuindo a severidade das chamas mesmo com o avanço além da borda. Isso atenuou o impacto na floresta	Frost <i>et al.</i> (2022)
Aceiro Convencional	Implantados entre 2005 e 2007. Aceiros formados por faixas de largura entre 15 a 30 m, sem remoção total da cobertura, mantendo parte da vegetação rasteira ou arbustiva no interior de florestas mediterrâneas.	Apesar do aceiro não ter sido testado em situações reais de fogo após a implantação, a largura e a baixa carga de combustível mantida, segundo os autores, potencializariam a eficiência do aceiro.	Wen <i>et al.</i> (2024).
Aceiro verde	Implantado a partir de 2004 com espécies nativas adaptadas (<i>Phoenix canariensis</i> , <i>Salix canariensis</i> e <i>Olea cerasiformis</i>), com características de baixa inflamabilidade, alto poder de enraizamento e retenção de água no solo, boa regeneração e adaptabilidade ao clima local, plantadas em estruturas de quincônio com espaçamento de 2 a 3 m.	O aceiro conseguiu atenuar através de seu arranjo estrutural, a propagação do fogo em um incêndio de grandes proporções ocorrido em 2007 fazendo com que o fogo perdesse intensidade durante a passagem pelo aceiro verde	Santamarta-Cerezal et al (2012)
Aceiro verde	Implantados a partir de 1982, em densas faixas verdes multiestruturadas, com largura média de 10 m, compostas por árvores de 8 a 9 m de altura, arbustos e plantas herbáceas de baixa inflamabilidade, como <i>Schima wallichii</i> , <i>Schima superba</i> e <i>Amomum villosum</i> organizadas em estratos que vão do mais baixo para a mais alto, formando uma barreira viva com dossel fechado e solo mais	Os aceiros verdes conseguiram conter totalmente o avanço do fogo durante incêndios de grandes proporções e intensidade, com ventos fortes e chamas de até 15m de altura, mostrando-se altamente eficazes em situações reais de fogo.	Cui <i>et al</i> (2019).



úmido, que dificultam a propagação do fogo.

Fonte: os autores

Implicações ecológicas e ambientais da implantação dos aceiros

Independentemente do tipo ou metodologia de implantação, os aceiros alteram os ambientes onde costumam ser instalados. Aceiros convencionais costumam, mesmo quando a limpeza e retirada da vegetação para a redução da biomassa não é total, deixar o solo mais exposto e fragilizado, sujeito a processos de compactação e erosão eólica e hídrica em decorrência da ação de ventos, chuvas fortes, da utilização de tratores ou pastoreio utilizado para manutenção da área, alterando a dinâmica ecológica local e favorecendo o aparecimento de espécies invasoras mais adaptáveis, como observado por Stubbendieck e Tunnell (2008); Santamarta *et al.* (2012), Seipel *et al.* (2018) e Kennedy *et al.* (2019). Quanto a utilização do pastoreio, Ruiz-Mirazo e Robles (2012) observaram que apesar do impacto sobre o crescimento de mudas em áreas de desbaste seletivo, a utilização de caprinos e ovinos tende a causar menos impacto ecológico pois os animais tendem a se alimentar de apenas alguns tipos vegetais.

Fernández *et al.* (2019) e Eastaugh) e Molina (2012) pontuam também os impactos da remoção total da biomassa de cobertura do solo na fragmentação de habitats e seus efeitos negativos na fauna edáfica e microclimas locais, que passam a ser mais secos em regiões de fronteira ao aceiro.

A longo prazo, Velamazán *et al.* (2018) observam que a resiliência do ecossistema de fronteira pode ser comprometida junto com o processo de regeneração natural e a ciclagem de nutrientes, mesmo em situações em que o solo não é totalmente exposto, podendo fazer com que os locais onde os aceiros convencionais foram instalados fiquem mais fragilizados.

Por outro lado, os aceiros verdes contrastam com os aceiros convencionais e despontam, em meio a um cenário de mudanças climáticas, como uma abordagem diferente e com impactos ecológicos e ambientais mais positivos e duradouros. Como promovem a manutenção e continuidade da cobertura vegetal do solo, acabam por favorecer a infiltração de água das chuvas e beneficiar a fauna e flora locais (ZONG *et al.*, 2021). Outro ponto importante diz respeito à arquitetura dos aceiros verdes, onde o arranjo e a densificação de espécies com características estruturais diferentes contribuem para a biodiversidade e os serviços ecossistêmicos desses aceiros — algo que não acontece quando se utilizam aceiros convencionais.

Implicações sociais e humanas da implantação do corta-fogo

A implantação de aceiros convencionais, especialmente os de limpeza total, pode acarretar implicações que vão além das questões ecológicas e operacionais, podendo afetar dinâmicas sociais das comunidades locais em decorrência da implantação dessas faixas desprovidas de vegetação e que interferem, de certa forma, no uso tradicional da terra, restringindo o acesso a recursos como madeira,



pasto ou áreas de coleta, o que pode gerar conflitos com populações do entorno que dependem desses espaços para sua subsistência (KENNEDY *et al.*, 2019; KOUASSI *et al.*, 2020).

Além disso, a presença de aceiros pode ser interpretada por comunidades rurais como uma imposição externa, sobretudo quando não há diálogo prévio ou integração do conhecimento local nos processos decisórios (EASTAUGH; MOLINA, 2012). Por outro lado, estratégias baseadas em aceiros verdes, que incorporam práticas agroecológicas como o uso do pastoreio dirigido e o plantio de espécies vegetais com potencial ecológico e econômico mostram-se mais aceitáveis do ponto de vista social, pois alinham a gestão do fogo à manutenção de atividades produtivas e ao fortalecimento do vínculo das comunidades com o território (VELAMAZÁN *et al.*, 2018; RUIZ-MIRAZO; ROBLES, 2012).

Assim, a dimensão humana da implantação de aceiros como corta-fogos exige uma abordagem participativa e sensível às realidades locais, de modo a garantir que as medidas de prevenção de incêndios não sejam apenas eficazes, mas também sustentáveis e legitimadas socialmente.

4 CONCLUSÃO

A análise comparativa entre os aceiros convencionais e os verdes evidencia não apenas distintas abordagens técnicas de mitigação, mas também profundas implicações ecológicas, sociais e paisagísticas. Enquanto os aceiros baseados na remoção da vegetação oferecem implantação rápida, os meios para a implantação tendem a fragilizar e comprometer o solo e a biodiversidade local e nem sempre são eficientes na contenção do fogo, sobretudo quando não recebem manejo adequado ou as condições climáticas locais potencializam as chamas.

Por outro lado, os aceiros verdes, embora demandem maior tempo de implantação, destacam-se pela multifuncionalidade de conseguir atuar tanto na contenção de incêndios, quanto na conservação de solo e manutenção de serviços ecossistêmicos locais, com apelo ecológico que pode favorecer o engajamento comunitário, especialmente quando associados a sistemas produtivos sustentáveis.

Assim, mais do que optar entre modelos aparentemente excludentes, a integração estratégica dessas abordagens, considerando as realidades territoriais, a participação social e os impactos a longo prazo, configura-se como caminho mais equilibrado e promissor como instrumento de apoio a políticas públicas de prevenção e manejo do fogo mais eficazes por parte de governos e comunidades.



REFERÊNCIAS

- AGEE, J.K.; BAHRO, B.; FINNEY, M.A.; OMI, P.N.; SAPSIS, D.B.; SKINNER, C.N.; VAN WAGTENDONK, J.W.; WEATHERSPOON, C.P. The use of shaded fuelbreaks in landscape fire management. *Forest Ecology and Management*, v. 127, 55-66, 2000. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(99\)00116-4](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(99)00116-4)
- ARANGO, E.; JIMÉNEZ, P.; NOGAL, M.; SOUSA, H.S.; STEWART, M.G.; MATOS, J.C. Enhancing infrastructure resilience in wildfire management to face extreme events: Insights from the Iberian Peninsula. *Climate Risk Management*, v. 44, 100595, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.crm.2024.100595>
- AVCI, M.C.; AVCI, M.; BATTARRA, M.; ERDOĞAN, G. The wildfire suppression problem with multiple types of resources. *European Journal of Operational Research*, v. 316, 488-502, , 2024. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2024.03.005>
- BANKS, S.C.; DUJARDIN, M.; MCBURNEY, L.; BLAIR, D.; BARKER, M.; LINDENMAYER, D.B. Starting points for small mammal population recovery after wildfire: recolonisation or residual populations? *Oikos*, v. 120, 26-37, 2011. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0706.2010.18765.x>
- BAROVIK, D.; TARANCHUK, V. Surface Forest Fires Modelling: Temperature and Oxygen Dynamics near Fuelbreaks. *Baltic Journal Modern Computing*, v. 11 (2), 226-240, 2023. <https://doi.org/10.22364/bjmc.2023.11.2.01>
- BERGERON, Y.; GAUTHIER, S.; FLANNIGAN, M.; KAFKA, V. Fire regimes at the transition between mixedwood and coniferous boreal forest in Northwestern Quebec. *Ecology*, v. 85 (7), 1916-1932, 2004. <https://doi.org/10.1890/02-0716>
- CARRASCO, J.; MAHALUF, R.; LISÓN, F.; PAIS, C.; MIRANDA, M.; BARRA, F.; PALACIOS, D.; WEINTRAUB, A. A firebreak placement model for optimizing biodiversity protection at landscape scale. *Journal of Environmental Management*, v. 342, 118087, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.118087>
- CUI, X.; ALAMA, M.D.A.; PERRY, G.L.W.; PATERSON, A.M.; WYSE, S.V.; CURRAN, T.J. Green firebreaks as a management tool for wildfires: Lessons from China. *Journal of Environmental Management*, v. 233, 329-336, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.12.043>
- CURRAN, T.J.; PERRY, G.L.W.; WYSE, S.V.; ALAM, M.A. Managing Fire and Biodiversity in the Wildland-Urban Interface: A Role for Green Firebreaks. *Fire*, v. 1, 3, 2018. <https://doi.org/10.3390/fire1010003>
- DEMANGE, M.; DI FONSO, A.; DI STEFANO, G.; VITTORINI, P. A graph theoretical approach to the firebreak locating problem. *Theoretical Computer Science*, v. 914, 47-72, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.tcs.2022.02.012>
- EASTAUGH, C.S.; MOLINA, D.M. Forest road and fuelbreak siting with respect to reference fire intensities. *Forest Systems*, v. 21 (1), 153-161, , 2012. <http://dx.doi.org/10.5424/fs/2112211-12232>
- FERNANDEZ, P.; RODRIGUEZ, A.; GUTIERREZ, D.; JORDANO, D.; FERNANDEZ-HAEGER, R. Firebreaks as a barrier to movement: the case of a butterfly in a Mediterranean landscape. *Journal of Insect Conservation*, v. 23, 843-856, 2019. <https://doi.org/10.1007/s10841-019-00175-5>



FRANGIEH, N.; ACCARY, G.; ROSSI, J.L.; MORVAN, D.; MERADJI, S.; MARCELLI, T.; CHATELON, F.J. Fuelbreak effectiveness against wind-driven and plume-dominated fires: A 3D numerical study. *Fire Safety Journal*, v. 124, 103383, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2021.103383>

FROST, S.M.; ALEXANDER, M.E.; JENKINS, M.J. The Application of Fire Behavior Modeling to Fuel Treatment Assessments at Army Garrison Camp Williams, Utah. *Fire*, v. 5, 78, 2022. <https://doi.org/10.3390/fire5030078>

GATTI, L.V.; BASSO, L.S.; MILLER, J.B.; GLOOR, M.; DOMINGUES, L.G.; CASSOL, H.L.G.; TEJADA, G.; ARAGÃO, L.E.O.C.; NOBRE, C.; PETERS, W.; MARANI, L.; ARAI, E.; SANCHES, A.H.; CORREA, S.M.; ANDERSON, L.; RANDOW, C.V.; CORREIA, C.S.C.; CRISPIM, S.; NEVES, R.A.L. Amazonia as a carbon source linked to deforestation and climate change. *Nature*, v. 595, 388-407, 2021. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03629-6>

GRANSTRÖM, A.; NIKLASSON, M. Potentials and limitations for human control over historic fire regimes in the boreal forest. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, v. 363, 2351-2356, 2008. <https://doi.org/10.1098/rstb.2007.2205>

HÄDRICH, T.; BANUTI, D.T.; PAŁUBICKI, W.; PIRK, S.; MICHELS, D.L. Fire in Paradise: Mesoscale Simulation of Wildfires. *ACM Transactions on Graphics*, v. 40, 163, 2021. <https://doi.org/10.1145/3450626.3459954>

KAZATO, M.; SOYOLLHAM, B. Forest-steppe fires as moving disasters in the Mongolia-Russian borderland. *Journal of Contemporary East Asia Studies*, v. 11 (1), 22-45, 2022. <https://doi.org/10.1080/24761028.2022.2113493>

KENNEDY, M.C.; JOHNSON, M.C.; FALLON, K.; MAYER, D. How big is enough? Vegetation structure impacts effective fuel treatment width and forest resiliency. *Ecosphere*, v. 10 (2), e02573, 2019. <https://doi.org/10.1002/ecs2.2573>

KHAN, N.; MOINUDDIN, K. The Role of Heat Flux in an Idealised Firebreak Built in Surface and Crown Fires. *Atmosphere*, v. 12 (11), 1395, 2021. <https://doi.org/10.3390/atmos12111395>

KISHORE, B.S.P.C.; KUMAR, A.; SAIKIA, P.; LELE, N.; SRIVASTAVA, P.; PULLA, S.; SURESH, H.; BHATTARCHARYA, B.K.; KHAN, M.L.; SUKUMAR, R. Mapping of understory invasive plant species clusters of *Lantana camara* and *Chromolaena odorata* using airborne hyperspectral remote sensing. *Advances in Space Research*, v. 73, 1379-1396, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.asr.2022.12.026>

KOUASSI, J.; WANDAN, N.; MBOW, C. Exploring Wildfire Occurrence: Local Farmers' Perceptions and Adaptation Strategies in Central Côte d'Ivoire, West Africa. *Journal of Sustainable Forestry*, v. 41 (2), 173-192, 2020. <https://doi.org/10.1080/10549811.2020.1845744>

MARSHALL, E.; HOLYLAND, B.; PARKINS, K.; RAULINGS, E.; GOOD, M.K.; SWAN, M.; BENNETT, L.T.; PENMAN, T.D. Can green firebreaks help balance biodiversity, carbon storage and wildfire risk? *Journal of Environmental Management*, v. 369, 122183, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.122183>

MARTINS, P.I.; BELÉM, L.B.C.; PELUSO, L.M.; SZABO, J.K.; TRINDADE, W.C.F.; POTT, A.; DAMASCENO JUNIOR, G.A.; JIMENEZ, D.; MARQUES, R.; PETERSON, A.T.; LIBONATI, R.;

- GARCIA, L.C. Fire-sensitive and threatened plants in the Upper Paraguay River Basin, Brazil: Identifying priority areas for Integrated Fire Management and ecological restoration. *Ecological Engineering*, v. 209, 107411, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2024.107411>
- MCGRANAHAN, D.A.; WONKKA, C.L. Fuel properties of effective Greenstrips in Simulated Cheatgrass Fires. *Environmental Management*, v. 70, 319-328, 2022. <https://doi.org/10.1007/s00267-022-01659-y>
- MILLER, D. Controlling Annual Bromes: Using rangeland "greenstrips" to create natural fire breaks. *Rangelands*, v. 28 (2), 22-25, 2006. [https://doi.org/10.2111/1551-501X\(2006\)28.2\[22:CAB\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.2111/1551-501X(2006)28.2[22:CAB]2.0.CO;2)
- MURRAY, B.R.; BROWN, C.; MURRAY, M.L.; KRIX, D.W.; MARTIN, L.J.; HAWTHORNE, T.; WALLACE, M.I.; POTVIN, S.A.; WEBB, J.K. An Integrated Approach to Identify Low-Flammability Plant Species for Green Firebreaks. *Fire*, v. 3 (9), 2020. <https://doi.org/10.3390/fire3020009>
- N'DRI, A.B.; KPRÉ, A.J.N.; DOUMBIA, A. Managing fires in a woody encroachment context: Fine fuel load does not change across fire seasons in a Guinean savanna (West Africa) panel. *Journal of Environmental Management*, v. 371, 123236, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.123236>
- NIELSEN, S.E.; DELANCEY, E.R.; REINHARDT, K.; PARISIEN, M.A.. Effects of Lakes on Wildfire Activity in the Boreal Forests of Saskatchewan, Canada. *Forests*, v. 7, 265, 2016. <https://doi.org/10.3390/f7110265>
- OLIVEIRA, A.S.; SILVA, J.S.; GUIOMAR, N.; FERNANDES, P.; NEREU, M.; GASPAR, J.; LOPES, R.F.R.; RODRIGUES, J.P.C. The effect of broadleaf forests in wildfire mitigation in the WUI – A simulation study. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, v. 93, 103788, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2023.103788>
- PAGADALA, T.; ALAM, M.A.; MAXWELL, T.M.R.; CURRAN, T.J. Measuring flammability of crops, pastures, fruit trees, and weeds: A novel tool to fight wildfires in agricultural landscapes. *Science of the Total Environment*, v. 906, 167489, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.167489>
- PETERSEN, J.E.; KAPUR, S.; GKANTONAS, S.; MASTORAKOS, E.; GIUSTI, A. Modelling and optimisation of extinction actions for wildfire suppression. *Combustion Science and Technology*, v. 195 (14), 3584-3595, 2023. <https://doi.org/10.1080/00102202.2023.2246195>
- PRICE, O.F.; EDWARDS, A.C.; RUSSELL-SMITH, J. Efficacy of permanent firebreaks and aerial prescribed burning in western Arnhem Land, Northern Territory, Australia. *International Journal of Wildland Fire*, v. 16, 295-307, 2007. <https://doi.org/10.1071/WF06039>
- RUIZ-MIRAZO, J.; ROBLES, A.B.; GONZÁLEZ-REBOLLAR, J.L. Two-year evaluation of fuelbreaks grazed by livestock in the wildfire prevention program in Andalusia (Spain). *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v. 141, 13-22, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2011.02.002>
- RUIZ-MIRAZO, J.; ROBLES, A.B. Impact of targeted sheep grazing on herbage and holm oak saplings in a silvopastoral wildfire prevention system in south-eastern Spain. *Agroforestry Systems*, v. 86, 477-491, 2012. <https://doi.org/10.1007/s10457-012-9510-z>

RUIZ-MIRAZO, J.; GONZÁLEZ-REBOLLAR, J.L. Growth and structure of a young Aleppo pine planted forest after thinning for diversification and wildfire prevention. *Forest Systems*, v. 22 (1), 47-57, 2013. <http://dx.doi.org/10.5424/fs/2013221-02500>

SANTAMARTA-CEREZAL, J.C.; GUZMÁN, J.; NERIS, J.; ARRAIZA, M.P.; IORA, F. Forest Hydrology, Soil Conservation and Green Barriers in Canary Islands. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, v. 40 (2), 09-13, 2012. https://oa.upm.es/14179/1/INVE_MEM_2012_123066.pdf

SEIPEL, T.; REW, L.J.; TAYLOR, K.T.; MAXWELL, B.D.; LEHNHOFF, E.A. Disturbance type influences plant community resilience and resistance to *Bromus tectorum* invasion in the sagebrush steppe. *Applied Vegetation Science*, v. 21 (3), 1-10, 2018. <https://doi.org/10.1111/avsc.12370>

SHMUEL, A.; HEIFETZ, E. A Dijkstra-Based Approach to Fuelbreak Planning. *Fire*, v. 6 (8), 295, 2023 <https://doi.org/10.3390/fire6080295>

SILVÉRIO, D.V.; OLIVEIRA, R.S.; FLORES, B.M.; BRANDO, P.M.; ALMADA, H.K.; FURTADO, M.T.; HECKENBERGER, M.; ONO, K.Y.; MACEDO, M.N. Intensification of fire regimes and forest loss in the Território Indígena do Xingu. *Environmental Research Letters*, v. 17, 045012, 2022. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac5713>

STUBBENDIECK, J.; TUNNELL, S.J. Seventy-Eight Years of Vegetation Dynamics in a Sandhills Grassland. *Natural Areas Journal*, v. 28 (1), 58-65, 2008. [https://doi.org/10.3375/0885-8608\(2008\)28\[58:SYOVDI\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.3375/0885-8608(2008)28[58:SYOVDI]2.0.CO;2)

SUFFLING, R.; GRANT, A.; FEICK, R. Modeling prescribed burns to serve as regional firebreaks to allow wildfire activity in protected areas. *Forest Ecology and Management*, v. 256, 1815-1824, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2008.06.043>

THOMAS, G.; ROSALIE, V.; OLIVIER, C.; MARIA, D.G.A.; ANTONIO, L.P. Modelling forest fire and firebreak scenarios in a mediterranean mountainous catchment: Impacts on sediment loads. *Journal of Environmental Management*, v. 289, 112497, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112497>

VELAMAZÁN, M.; MIGUEL, A.S.; ESCRIBANO, R.; PEREA, R. Use of firebreaks and artificial supply points by wild ungulates: Effects on fuel load and woody vegetation along a distance gradient. *Forest Ecology and Management*, v. 427, 114123, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.05.061>

WANG, H.; FINNEY, M.A.; SONG, Z.; WANG, Z.; LI, X.. Ecological techniques for wildfire mitigation: Two distinct fuelbreak approaches and their fusion. *Forest Ecology and Management*, v. 495, 119376, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119376>

WEN, P.; ZHU, D.; WANG, L.; WU, F.; BAO, L.; WANG, T.; GE, J.; WANG, H. Role of forest fuelbreaks for browsers: Implications from dietary pattern and food resources for sika (*Cervus nippon*). *Forest Ecology and Management*, v. 571, 122241, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2024.122241>

ZIEGLER, J.P.; HOFFMAN, C.M.; COLLINS, B.M.; LONG, J.W.; DAGLEY, C.M.; MELL, W. Structure Following Conifer Removal in Aspen-Conifer Forests in the Lake Tahoe Basin, USA. *Fire*, v. 3, 51, 2020. <https://doi.org/10.3390/fire3030051>



ZONG, X.; TIAN, X.; WANG, X. An optimal firebreak design for the boreal forest of China. *Science of the Total Environment*, v. 781, 146822, 2021.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146822>

ZONG, X.; TIAN, X.; FANG, L. Assessing wildfire risk and mitigation strategies in Qipanshan, China. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, v. 80, 103237, 2022.
<https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2022.103237>

ZONG, X.; TIAN, X.; WANG, X. The role of fuel treatments in mitigating wildfire risk. *Landscape and Urban Planning*, v. 242, 104957, 2024.
<https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2023.104957>

