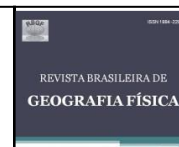




ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>



Estudo do fogo em regiões semiáridas: Uma Revisão de Literatura

Suelem Farias Soares Martins¹; Alex Mota dos Santos²; Carlos Fabricio Assunção da Silva³; Mariana de Souza Fernandes⁴; Gerson dos Santos Lisboa⁵

¹Doutoranda em Biosistemas, Universidade Federal do Sul da Bahia / Rodovia Ilhéus/Itabuna, Km 22, Ilhéus-BA, CEP: 45604-811, E-mail: suelemfarias@gfe.ufsb.edu.br, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8063-4729>;

²Prof. Dr. Centro de Formação em Ciências Agroflorestais - CFCAF, Universidade Federal do Sul da Bahia / Rodovia Ilhéus/Itabuna, Km 22, Ilhéus-BA, CEP: 45604-811, E-mail: alex.geotecnologias@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5156-3968>

³Prof. Dr. Departamento de Engenharia Cartográfica, Universidade Federal de Pernambuco / Av. Prof. Moraes Rego, 1235 - Cidade Universitária, Recife - PE, 50670-901, E-mail: carlos.assuncao@ufpe.br, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7009-8996>

⁴Graduanda Curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Sul da Bahia / Rodovia Ilhéus/Itabuna, Km 22, Ilhéus-BA, CEP: 45604-811, E-mail: mariisfernandes@hotmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-8138-5783>

⁵Prof. Dr. Faculdade de Ciências e Tecnologias, Universidade Federal de Goiás / Estrada Municipal, Quadra E Área Lote 04, Bairro Fazenda Santo Antônio, Aparecida de Goiânia-GO, E-mail: gersonlisboa@ufg.br, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9834-2441>

Artigo recebido em 26/01/2024 e aceito em 14/10/2024

RESUMO

O objetivo desta pesquisa é realizar uma revisão de literatura nas perspectivas, bibliométrica e sistemática, sobre o fogo nas regiões semiáridas ao nível global com foco na aplicação de sensoriamento remoto na aquisição de dados. Para esta revisão, utilizou a bibliometria, no qual foi valorizada a abordagem quantitativa, por meio do *Bibliometrix*, por meio do *software* RStudio e o *software* WordClouds para a nuvem de palavras. Foi utilizada a *string* de busca “*fire AND in AND semiarid*”. A revisão de literatura é um procedimento que pode ser utilizado de forma a fundamentar as pesquisas científicas, ou quando a pesquisa se caracteriza exclusivamente como bibliográfica. A pesquisa foi realizada a partir de duas bases de dados (*Web of Science* e *Scopus*). Foram encontrados 927 artigos, sendo 560 da *Scopus* (*Sco*) e 367 da *Web of Science* (*WoS*). Após análises de critério de exclusão por duplicidade feito com o RStudio, foram excluídos 229 artigos, restando 698 documentos. Para a análise sistemática, os artigos foram separados em dois grupos: método direto e método indireto, sendo o indireto, relacionado ao sensoriamento remoto. Desta triagem, 193 artigos foram classificados como método indireto e 493, direto e 8 artigos estavam fora do contexto da pesquisa. África Austral, Austrália, China e Estados Unidos foram os que apresentaram um maior número de locais estudados, correspondendo a 10, 35, 12 e 42 artigos respectivamente. Pode-se observar que no início do século XXI, houve um aumento do número de publicações, especificamente a partir de 2005, foram publicados mais de 10 artigos por ano. Pode-se perceber o quanto os estudos são valiosos para a comunidade científica, uma vez que revelam os produtos de sensoriamento remoto mais usados para estudos do fogo no Semiárido.

Palavras-chaves: Bibliometria; teledetecção; Análise Sistemática.

Study of fire in semiarid regions: a literature review

ABSTRACT

The objective of this research is to conduct a literature review from the bibliometric and systematic perspectives on fire in semiarid regions at a global level, focusing on the application of remote sensing in data acquisition. For this review, bibliometrics were used, in which the quantitative approach was valued, through *Bibliometrix*, through the RStudio software and the WordClouds software for the word cloud. The search string “*fire AND in AND semiarid*” was used. The literature review is a procedure that can be used to support scientific research, or when the research is characterized exclusively as bibliographic. The research was carried out using two databases (*Web of Science* and *Scopus*). A total of 927 articles were found, 560 from *Scopus* (*Sco*) and 367 from *Web of Science* (*WoS*). After analyzing the exclusion criteria for duplication using RStudio, 226 articles were excluded, leaving 698 documents. For the systematic analysis, the articles were separated into two groups: direct method and indirect method, with the indirect method being related to remote sensing. From this screening, 193 articles were classified as indirect method, 493 as direct method, and 8 articles were outside the research context. Southern Africa, Australia, China, and the United States were the ones that presented the largest number of studied locations, corresponding to 10, 35, 12, and 42 articles, respectively. It can be observed that at the beginning of the 21st century, there was an increase in the number of publications, specifically from 2005 onwards, with more than 10 articles being published per year. It can be seen how valuable these studies are to the scientific community, since they reveal the most widely used remote sensing products for fire studies in the semiarid region.

Keywords: Bibliographic review; Remote Sensing; Semi-arid.

Introdução

A importância de se identificar o conhecimento acumulado numa determinada área do conhecimento contribuiu para a valorização da revisão de literatura. Assim, tal prática tem tido protagonismo a partir de um conjunto de ferramentas de Inteligência Artificial (IA). Técnicas de IA têm sido empregadas para enfrentar os desafios de levantamentos bibliográficos num contexto de aumento da produção científica global em ambiente da rede mundial de computadores.

Segundo Wagner et al. (2022), as revisões de literatura se destacam por operarem sobre grandes volumes de documentos, ou seja, metadados parcialmente estruturados, e permeiam quase todos os tipos de artigos publicados em pesquisa em sistemas de informação ou disciplinas correlatas em diversas áreas do conhecimento. As revisões de literatura desempenham um papel essencial na pesquisa acadêmica, possibilitando reunir o conhecimento existente e examinar o estado da arte de um campo científico (Linnenluecke et al., 2020). Para Longo (2019), o crescimento da IA está mudando a forma como a pesquisa é conduzida em diversos campos e disciplinas. Assim, Larsen et al. (2019) estimaram que, no campo da IA, o número de artigos relevantes em muitas áreas de pesquisa facilmente excede 10.000.

Uma das perspectivas da revisão de literatura revela aplicações aos estudos das diferentes fitofisionomias vegetais (Öllerer et al., 2019) e o impacto do fogo (Castillo, Plaza & Garfias, 2020; Pérez-Cabello, Montorio & Alves, 2021; Giorgis et al., 2021; Feitosa Júnior et al., 2024) no contexto de diversos biomas. Em regiões semiáridas, o fogo e a herbivoria são os principais impulsionadores dos ecossistemas e selecionaram uma flora composta por espécies capazes de lidar com a remoção recorrente de biomassa acima do solo (Bombo, Siebert & Fidelis, 2022). Além disso, de modo geral os ecossistemas de todo o mundo são moldados pelo fogo, incluindo o semiárido (He et al., 2019; Kelly et al., 2020; Clarke, 2021). Apesar disso, nas regiões semiáridas, destaca-se o fato de que a dinâmica alterada do fogo pode colocar os objetivos de gestão fora do alcance (Aslan et al., 2018). Isso tem ocorrido devido aos fatores antrópicos que resultam em supressão e exclusão de incêndios, áreas de pastagens para alimento de animais, o que pode resultar em mudanças climáticas (Swetnam et al., 2016). O problema das mudanças climáticas (incluindo as alterações climáticas antropogênicas) é eticamente complexo e dá origem a preocupações éticas relativamente à proteção do ambiente e do bem-

estar humano, agora e no futuro (Nielsen, 2012). Apesar da influência antrópica, que inclui a supressão e exclusão de incêndios, bem como a criação de áreas de pastagem, essas intervenções muitas vezes interagem com processos climáticos globais, resultando em consequências ainda mais profundas para o ambiente.

Em regiões áridas e semiáridas onde o fogo era historicamente raro, fatores como invasão por plantas não nativas altamente combustíveis elevam a frequência e a intensidade do fogo, elevando assim a mortalidade de espécies nativas. Ademais, regimes alterados de temperatura e precipitação podem exacerbar essas mudanças aumentando a biomassa e a inflamabilidade (Aslan et al., 2018).

Neste contexto, o mundo vem enfrentando mudanças sem precedentes em termos de crescimento populacional e clima. As tendências de aumento de temperatura apontam para um aumento na contribuição de Gases de Efeito Estufa (GEE) na atmosfera (Senande-Rivera et al., 2022). A maioria dos estudos existentes sobre fogo é feita em regiões úmidas e de grande cobertura vegetal e pouco se fala das regiões áridas e semiáridas (Tong et al., 2022). Ademais, as mudanças climáticas amplificam sua área de impacto, frequência, intensidade e severidade, o que prejudica os serviços ecossistêmicos essenciais ao bem-estar humano (Lecina-Diaz et al., 2021). As regiões áridas e semiáridas possuem condições ambientais difíceis, como chuvas escassas e irregulares, ventos fortes, intensa radiação solar e elevado potencial de evapotranspiração na maior parte do ano (Golla, 2021; Yadav e Lal, 2018). De modo geral, o tempo desde o último incêndio e a frequência dos incêndios são fortes determinantes da composição da comunidade vegetal em paisagens propensas a incêndios (Knuckey et al., 2016). Historicamente, o fogo teve um papel ecológico importante neste ecossistema na composição de espécies, estrutura e dinâmica da vegetação (Peláez, Blazquez & Andrioli, 2021).

O fogo é uma perturbação natural em escala paisagística, com características espaciais e temporais as quais a biota em ecossistemas propensos a incêndios demonstra muitas adaptações (Van Wilgen et al., 2007). Apesar do reconhecimento da importância do fogo, a história do fogo em muitos ecossistemas é pouco conhecida (Whelan, 2009; Wittkuhn et al., 2009).

Ademais, no que se refere aos estudos do fogo, empiricamente observa-se duas possibilidades de análise, por métodos diretos (Scheintaub et al., 2009; Raiesi, 2021; Liu et al., 2013; Yin et al., 2016;) e indiretos (Agustín-

Canales et al., 2023; Klinge et al., 2022; Farfán et al., 2021; Urza, 2020; Hering, 2019). Dentre os métodos indiretos, destaca-se os produtos de sensoriamento remoto (SR). A mais valia destes produtos diz respeito ao fato de que estes estão disponíveis globalmente e têm consistência espacial e temporal única (Mayr, Vanselow e Samimi, 2018). O SR oferece dados de acompanhamento temporal contínuo em áreas onde os dados in-situ são inexistentes e/ou difíceis de coletar (Rumiano et al., 2020).

Entender a extensão do incêndio florestal e a recuperação da vegetação pós incêndio é essencial para o manejo florestal e de incêndios. Desta forma imagens de SR são amplamente utilizadas na detecção de incêndios florestais porque fornecem capacidade de monitoramento de superfície contínua e em larga escala (Liu et al., 2023).

São identificadas diversas pesquisas que utilizam IA para revisão de literatura sobre a aplicação do SR para estudos do fogo (Szapkowski & Jensen 2019; Chuvieco et al., 2020; Dainelli et al., 2021); Em geral, tecnologias de sensoriamento remoto fornecem um meio multitemporal de baixo custo para conduzir pesquisas de ecologia do fogo em escala local, regional e global, e a pesquisa atual está evoluindo rapidamente com a introdução de novas tecnologias e técnicas que estão aumentando a precisão e a eficiência (Szapkowski & Jensen, 2019).

Nesse sentido, algumas críticas foram identificadas quando do uso de SR para estudo do fogo. Segundo Dainelli et al. (2021), algumas questões críticas e barreiras na transferência de produtos de pesquisa também são evidentes, a saber, (1) sensores hiperespectrais são mal utilizados, e suas novas aplicações devem ser baseadas na capacidade de adquirir assinatura espectral de árvores, especialmente para detecção de pragas e doenças, (2) processos automáticos para análise de imagens são pouco flexíveis ou baseados em software proprietário em detrimento de ferramentas flexíveis e de código aberto que podem promover atividades de pesquisadores e dar suporte à transferência de tecnologia entre todas as partes interessadas da silvicultura, e (3) existe uma clara falta de interoperabilidade de sensores e

plataformas para aplicações em larga escala e para permitir a interoperabilidade de dados.

Diante das possibilidades de aplicação do SR, os estudos em regiões semiáridas são recorrentes (Hardtke et al., 2015; Szpakowski & Jensen, 2019; Wells et al., 2021). Estudar as regiões semiáridas é essencial devido às tendências climáticas, que mostram aquecimento em taxas superiores à média global, aumento da demanda evaporativa e precipitação mais reduzida e variável na maioria dessas áreas. A relevância desses estudos também está ligada à baixa renda familiar predominante, exceto em regiões semiáridas da Austrália e do sul dos Estados Unidos (Scholes, 2020).

Diante do exposto, este trabalho tem como objetivo realizar uma revisão de literatura nas perspectivas, bibliométrica e sistemática, sobre o fogo nas regiões semiáridas ao nível global com foco na aplicação de sensoriamento remoto na aquisição de dados. Como questões de pesquisa destaca-se: Como ocorre o uso e a evolução do sensoriamento remoto nos estudos sobre o fogo em regiões semiáridas ao longo das últimas décadas? Quais metodologias mais utilizadas na pesquisa do fogo no semiárido que empregam dados de sensoriamento remoto? Quais regiões são mais frequentemente alvo dos estudos do fogo no semiárido? Quais as abordagens metodológicas mais recorrentes? Decorrente disso, Qual o protagonismo dos métodos indiretos, nomeadamente sensoriamento remoto?

Material e métodos

Área de estudo

As regiões áridas ou semiáridas, ocupam aproximadamente 40% do território mundial (IPCC, 2008; Bernardino et al., 2021), como mostrado na Figura 1. Estas áreas são caracterizadas pelas regiões do mundo onde a precipitação média se situa entre um quinto e metade da procura potencial de água pelas plantas (Scholes, 2020).

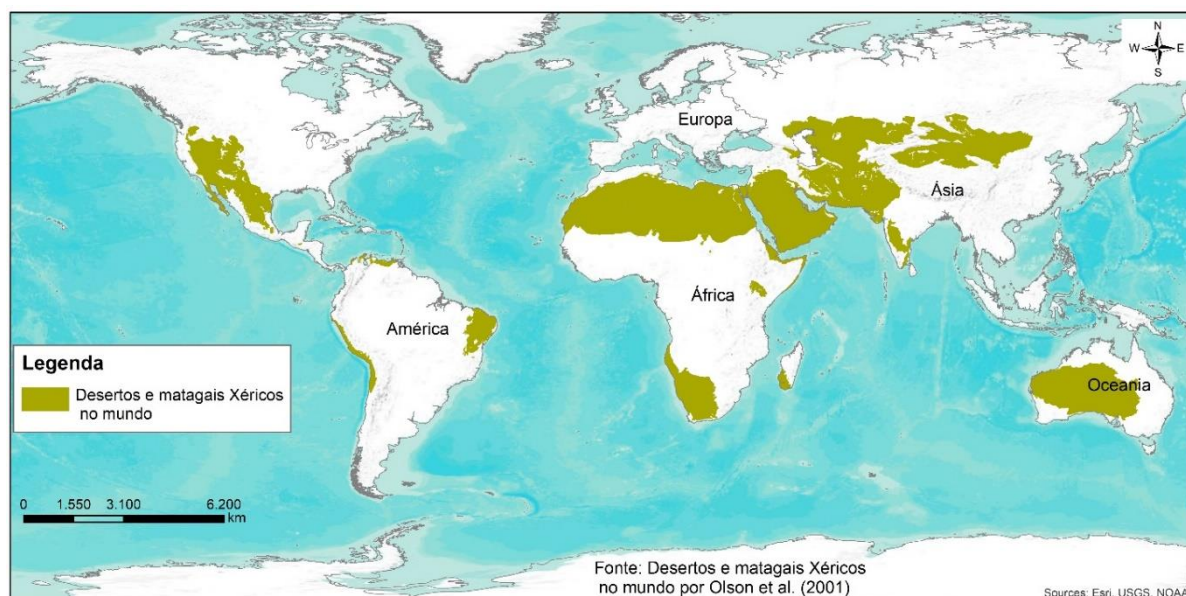


Figura 1 - Regiões semiáridas no mundo. Fonte: Autores (2024) com base nos dados Olson et al. (2001).

A região semiárida está distribuída nos cinco continentes, onde a maior percentagem é observada na África. Ademais, segundo Scanlon et al. (2006), os sistemas Áridos e semiáridos incluem florestas, bosques, matagais, pastagens e zonas desérticas e ocorrem em distribuição irregular no oeste da América do Norte, oeste da América do Sul, África do Sul e norte da África, interior da Ásia e oeste e interior da Austrália. As regiões quentes semiáridas do mundo albergam cerca de 1,1 mil milhões de pessoas, muitas das quais vivem em zonas rurais (Scholes, 2020). As alterações no funcionamento dos ecossistemas de terras áridas estão a ameaçar o bem-estar das populações humanas em todo o mundo, e a degradação dos solos, exacerbada pelas alterações climáticas, contribui para a perda de biodiversidade e exerce pressão sobre os meios de subsistência sustentáveis (Bernardino et al., 2020).

A dinâmica da vegetação das regiões áridas e semiáridas, exibem uma grande variabilidade temporal na disponibilidade de água. Nessas áreas, a precipitação ocorre em eventos discretos chamados de “pulsos”, seguidos por períodos de seca de duração variável, chamados de “interpulsos”. Embora muitos ecossistemas passem por fases de umidade e seca, a diferença é que esses ciclos de pulso e interpulso resultem em variações significativas na umidade do solo que as funções biológicas abióticas associadas também variam substancialmente, especialmente durante a estação de crescimento no verão (Austin et al., 2004; Huxman et al., 2004). Os pulsos de chuva podem variar em magnitude, temperatura, vento, infiltração, escoamento superficial e

evapotranspiração, determinam quanto tempo o solo permanecerá úmido ou seco.

Na África, o clima semiárido está presente principalmente no norte do continente, na região do Sahel, e na porção sudoeste, incluindo partes da Namíbia (Nicholson, 2013; Awala et al., 2019) e Angola (Correia et al., 2024). Na América do Norte, ocorre em áreas do sudoeste dos Estados Unidos e em partes do México. Na América do Sul, está presente no Nordeste brasileiro. Na Ásia, as regiões semiáridas concentram-se sobretudo na Ásia Central. Na Europa, embora as áreas semiáridas sejam menos extensas comparadas aos outros continentes, ainda existem algumas regiões significativas, como o sudeste da Espanha. Na Oceania, a Austrália possui as maiores e mais extensas áreas de clima semiárido.

Procedimentos metodológicos

A pesquisa possui característica exploratória e descritiva, pois são análises qualitativas de dados quantitativos fornecidos por base de dados científicas. Além de consultas aos bancos de dados, também foi realizada uma revisão de literatura, sob a perspectiva sistemática, com procedimentos sintetizados na Figura 2.

A revisão de literatura visa verificar através de modelos estatísticos e matemáticos, a produção do conhecimento numa determinada temática. Pode ocorrer na perspectiva bibliométrica, quantitativa e sistemática, pela abordagem qualitativa.

Para a revisão sistemática foram selecionadas duas bases de dados: *Web of Science* e *Scopus*. Elas foram escolhidas pela relevância,

credibilidade e abrangência dos materiais dispostos. O período considerado para a pesquisa abrangeu artigos publicados entre 1975 e 2023. A seleção dos artigos seguiu as diretrizes do método PRISMA (Preferred

Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), conforme descrito por Moher et al. (2009). A Figura 2 apresenta o fluxo detalhado do processo de seleção dos artigos.

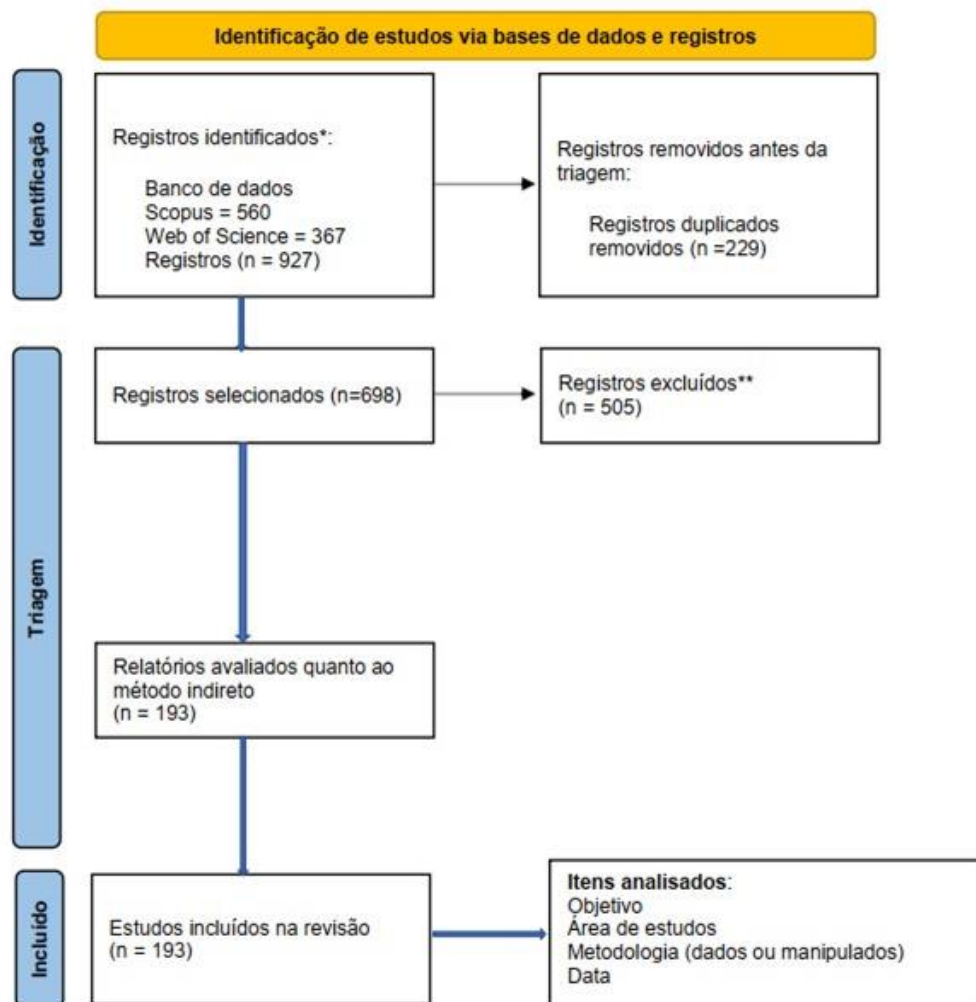


Figura 2: Fluxo do processo de seleção dos artigos.

Assim, nesta pesquisa a revisão sistemática ocorreu do recorte de estudos da perspectiva bibliométrica. Para a primeira etapa foram definidas as strings de busca “fire AND in AND semi-arid”, entre aspas, nas plataformas Web Of Science e Scopus. Posteriormente, para a revisão sistemática, definiu-se os estudos do fogo por métodos indiretos, nomeadamente por sensoriamento remoto.

Os documentos obtidos na busca às bases de dados foram salvos em formato .bib e analisados no Software R e RStudio por meio dos pacotes Bibliometrix, massimoaria/pubmedR e pubmedR. Na sequência, o resultado da análise no R resulta num único arquivo em formato .xlsx que foi aberto no site Biblioshiny, que é um aplicativo que fornece uma interface web com diversas métricas

(Aria e Cuccurullo, 2017; Rashid et al., 2021; Abafe, Bahta e Jordaan, 2022).

Além do Biblioshiny foi utilizado ainda o site Wordclouds.com para então completarmos as análises quantitativas de todos os documentos para análise das frequências das palavras mais relevantes dos documentos selecionados. Ademais, os dados Biblioshiny foram exportados para um programa de planilha eletrônica, onde foram criados gráficos bidimensionais e um mapa temático. A Figura 3 a seguir, apresenta a síntese metodológica utilizada para a análise bibliográfica.

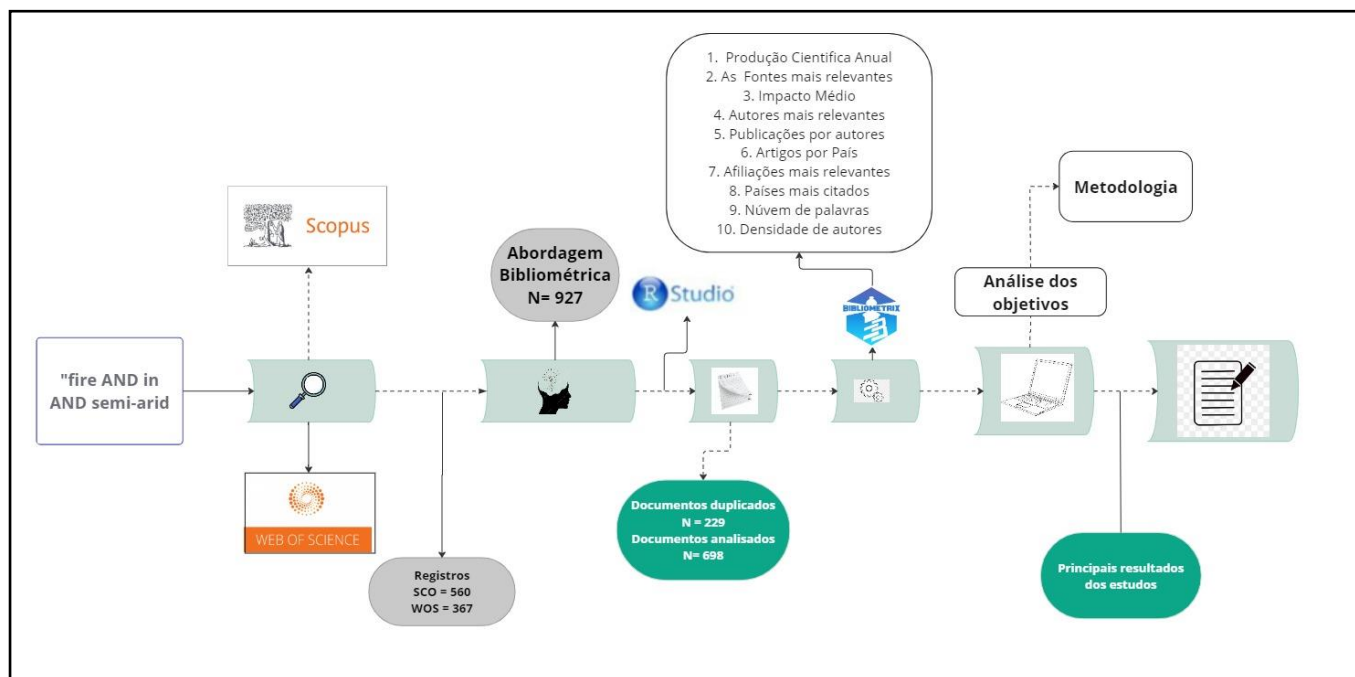


Figura 3 – Fluxograma da metodologia aplicada Sco e Wos

Os indicadores bibliométricos utilizados nesta revisão foram adaptados do estudo de Feitosa Junior et al. (2024). Estes indicadores incluem: evolução do número de artigos publicados, média de citações por artigo, 10 principais palavras chave, 10 principais instituições editoras, 10 periódicos com maior índice H, 10 principais autores e os principais países editores (Figueredo et al., 2020).

A seleção dos 10 autores mais influentes foi baseada no índice H, um critério objetivo de elegibilidade, conforme recomendado pelos itens dos Principais Itens para Relatar Revisões

Sistemáticas e Meta-análises - PRISMA (O'Dea et al., 2021). Por fim, foram realizadas as análises qualitativas dos artigos selecionados, seguindo o fluxo da Figura 4, através de uma síntese de objetivos, área de estudos, dados manipulados ou dados prontos e intervalo de tempo estudados.

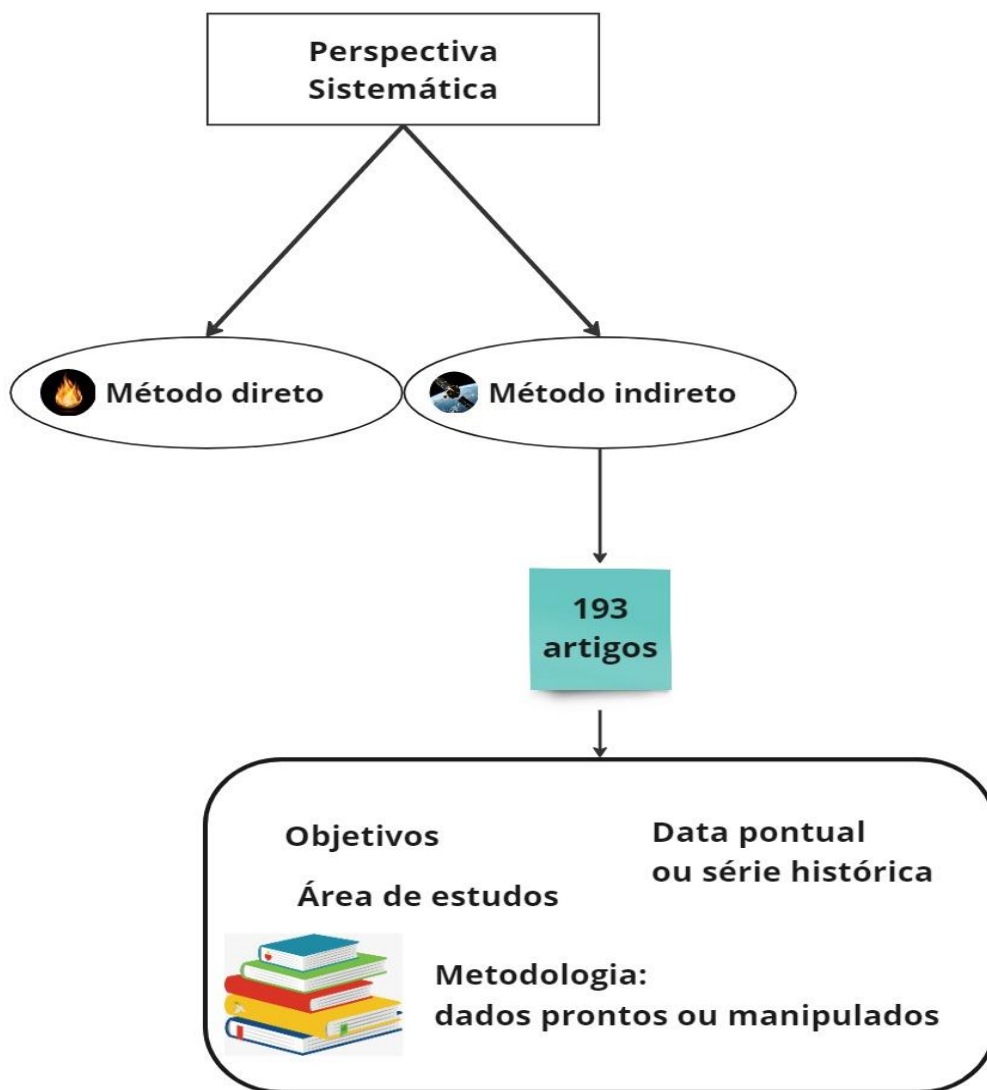


Figura 4 - Fluxograma metodológico da análise em perspectiva sistemática

Resultados

A primeira seção aborda os aspectos gerais das análises sob a perspectiva bibliométrica, seguida pela apresentação da perspectiva sistemática. Deste modo, foram mapeados 560 documentos da base Scopus e 367 da Web of Science, resultando 927 artigos publicados entre os anos 1975 e 2023. Foram eliminados por repetições 229 documentos, o que resultou 698 artigos analisados na perspectiva bibliométrica.

Perspectiva Bibliométrica

A primeira informação que é apresentada é sobre os dados gerais dos artigos levantados, como mostra a Figura 5 a seguir.



Figura 5: Informações principais sobre os artigos levantados.

Foram detectadas 325 fontes, em um total de 698 documentos, 2226 autores. Foi mostrado a taxa de crescimento anual de 7,42%, tendo os documentos uma idade média de 9,94 anos. Todas essas informações são fornecidas de forma individual por meio de gráficos.

Dos 698 artigos, foi possível observar que as publicações científicas sobre o estudo do fogo no semiárido cresceram de forma considerável nos

últimos anos, em específico, a partir dos anos 2000 (Figura 6). Foi possível observar que até o final do século XX, o número de publicações manteve-se estável e baixo, com cinco artigos no máximo publicados por ano. Apesar disso, desde 2001, houve um aumento considerável sobre o tema em pesquisa. É importante destacar que, nos últimos dez anos, houve um crescimento, com a queda que ocorreu a partir de 2021.

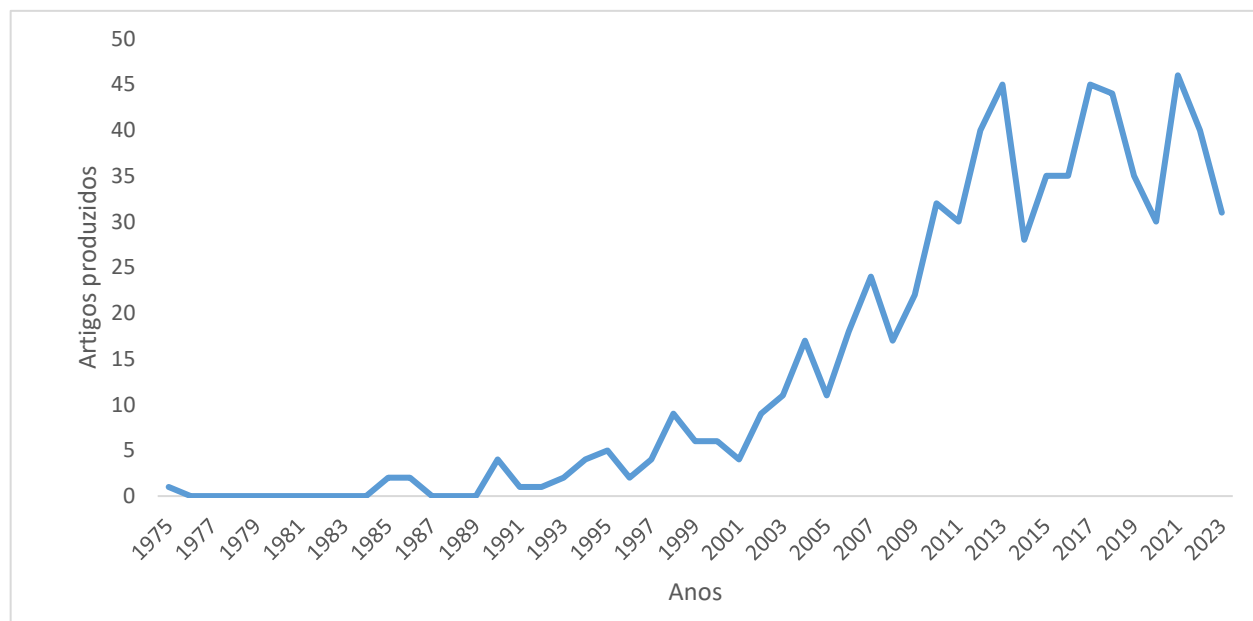


Figura 6 - Evolução da produção científica anual

Ao analisarmos o número médio de citações por artigo sobre o fogo nas regiões semiáridas, percebemos um decréscimo constante

a partir de 1991, como mostrado na Figura 7. Ou seja, a média de citação decresce à medida que cresce o número de publicações.

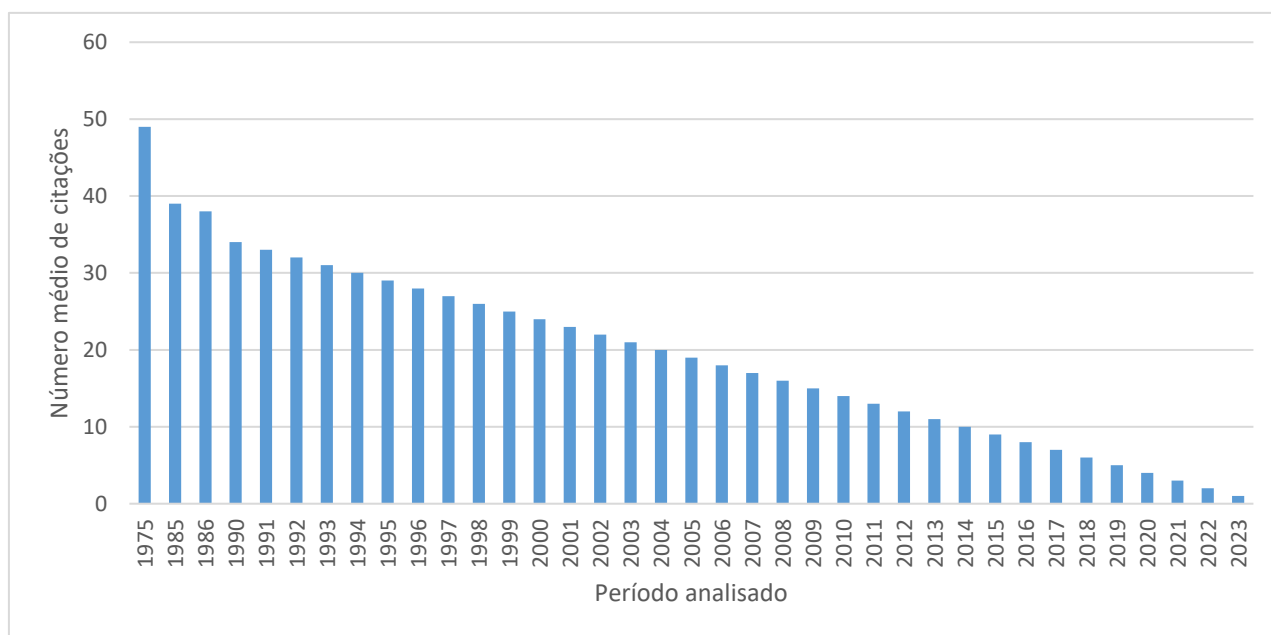


Figura 7 - Número médio de citações por artigo sobre o fogo nas regiões semiáridas no período de 1975 a 2023

As dez instituições de ensino superior mais citadas nesta pesquisa são apresentadas na Figura 8. A instituição mais relevante foi a La Trobe University, localizada na Austrália. Ela está classificada entre as 100 melhores universidades do mundo pelo trabalho para promover os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU (Organização das Nações Unidas). Há também

uma Universidade no Sul da Argentina, duas nos Estados Unidos da América, cinco na Austrália além da La Trobe e uma na Rússia.

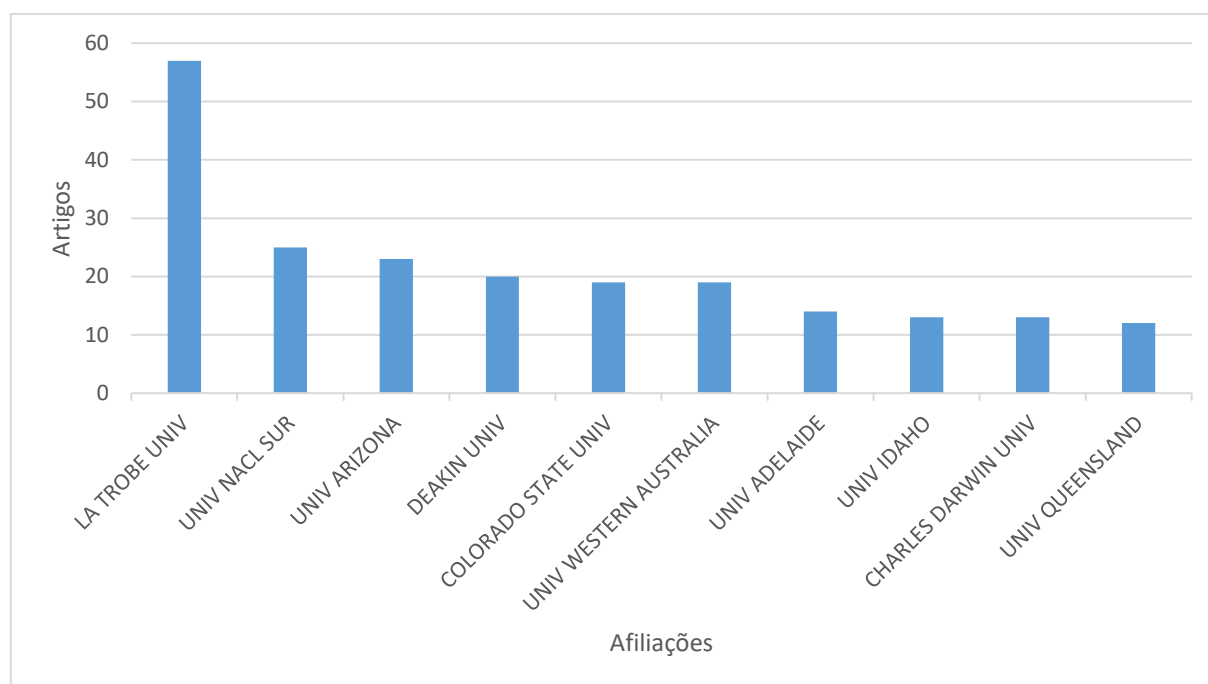


Figura 8 - Dez principais instituições que mais publicaram sobre o fogo em regiões semiáridas

Além disso, foram examinadas as obras com maior influência em termos de publicação (Figura 9). Em linhas gerais, os periódicos são submetidos a várias formas de avaliação conforme critérios específicos, sendo um deles o fator de impacto. Os três periódicos com maior Índice de Impacto H são: Journal of Arid Environments com $h = 22$, Forest

Ecology and Management, Journal of Applied Ecology e Remote Sensing of Environment, todos com $h = 11$ e por fim têm-se o Austral Ecology com $h = 10$.

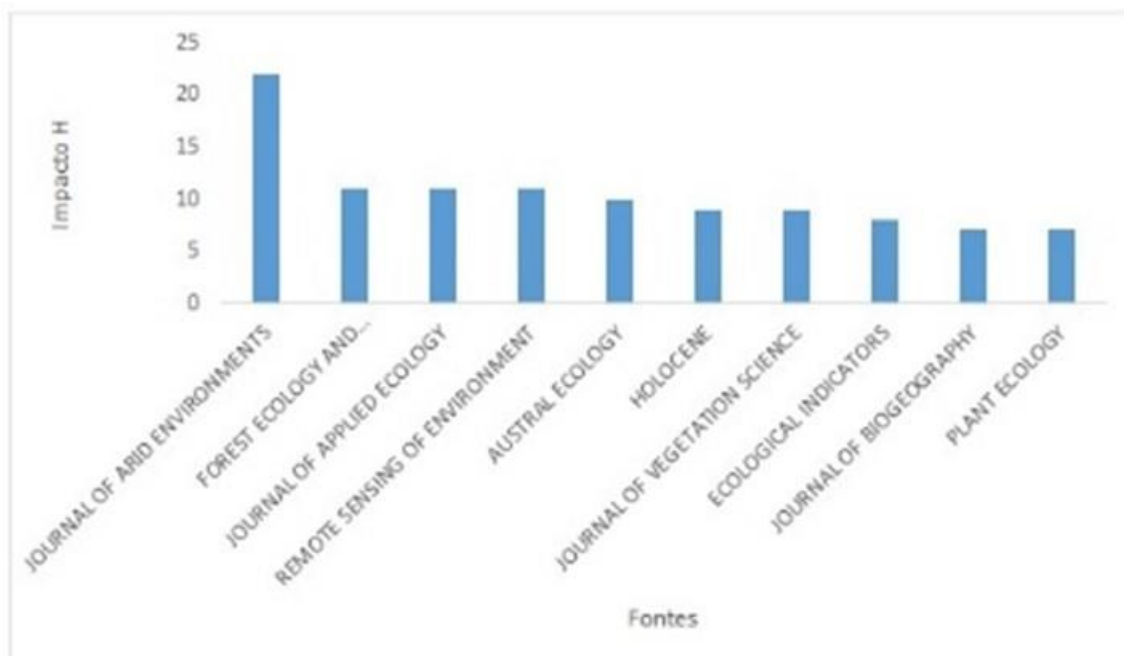


Figura 9 - Produções com maior impacto de publicação.

No que diz respeito à análise do número de publicações por periódicos, destaca-se também a revista Journal of Arid Environments, como a fonte mais relevante, (Figura 10). O Journal of Arid Environments, é um periódico de acesso fechado sobre pesquisas de alta qualidade que fornecem

informações originais sobre questões científicas, ambientais, ecológicas e pessoas-natureza críticas nas terras áridas do mundo. Em segundo lugar, tem-se a revista Austral Ecology que é a principal revista para a ecologia fundamental e aplicada no Hemisfério Sul.

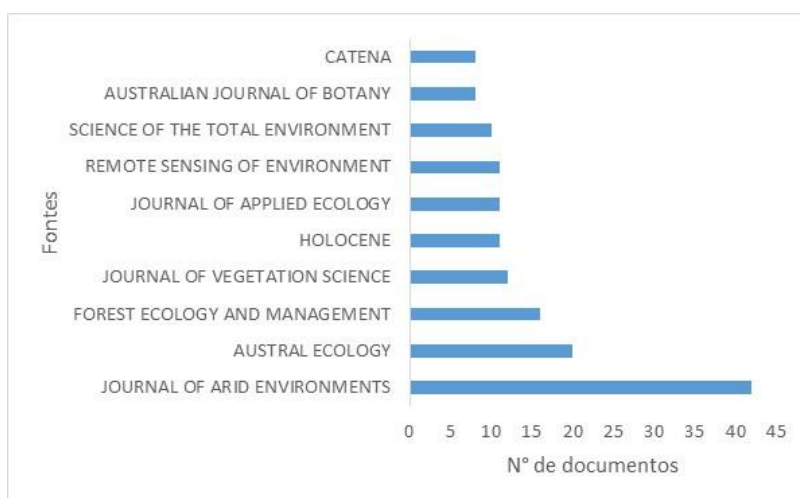


Figura 10 - Fontes mais relevantes (periódicos)

Os autores mais relevantes, dentre as publicações levantadas, são Clarke M e Nimmo D (Figura 11), no topo da lista. O pesquisador Michael Clarke possui 7435 citações, professor de Zoologia da Universidade La Trobe na Austrália, é um cientista conhecido na área de Fogo e

Biodiversidade. Destaca-se ainda no topo do ranking os pesquisadores Mimmo D e L Kelly.

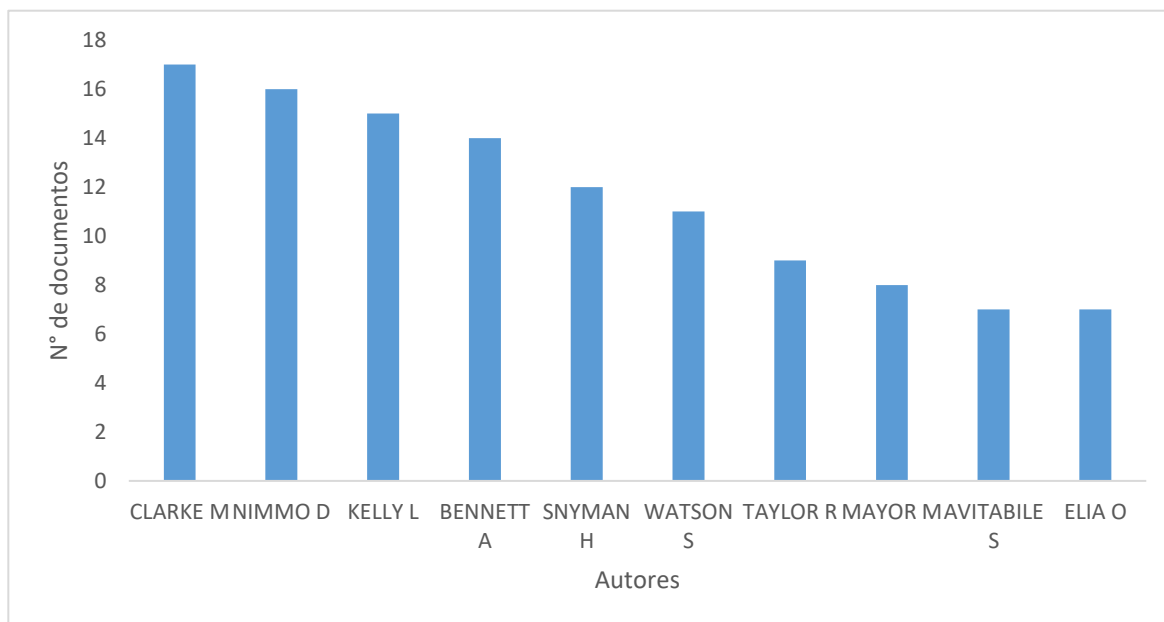


Figura 11: Os dez principais autores que mais publicaram sobre o fogo em regiões semiáridas

Os cinco países que mais publicaram foram os Estados Unidos da América com 460 artigos, em seguida Austrália com 334 publicações, China e Argentina aparecem com 140 e 99 publicações respectivamente e a África do Sul com 91. O Brasil

aparece em nono lugar apresentando 41 publicações sobre o fogo em regiões semiáridas

A Figura 12 mostra a produção de artigos por países, no qual os Estados Unidos da América e Austrália se destacam no topo da lista.

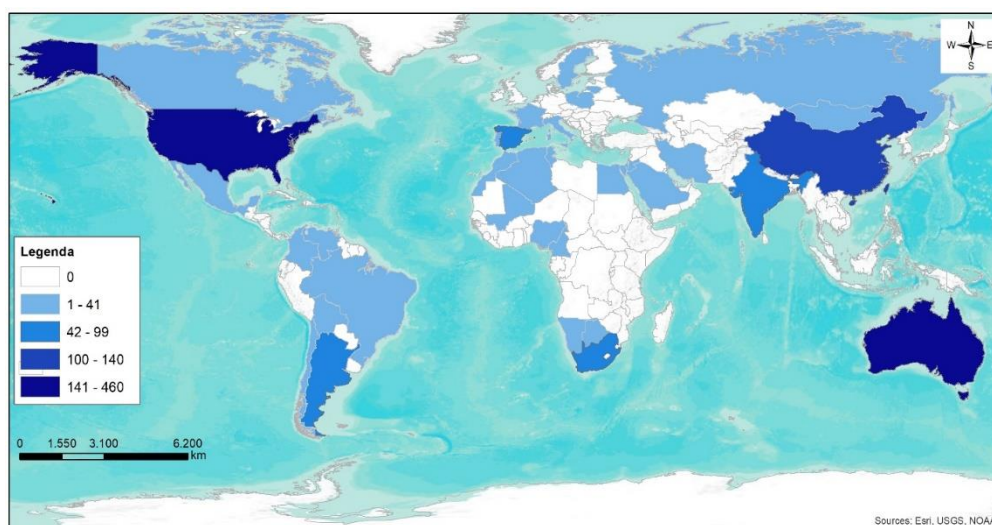


Figura 12- Quantidade de documentos mapeados por países.

Além disso, o Bibliometrix identifica os países mais citados nos artigos analisados. A Figura 13 mostra que os EUA ocupam o primeiro lugar, com 6.452 citações, seguidos pela Austrália, com 4.244 citações, enquanto o

Brasil aparece em sétimo lugar, com 700 citações. (Figura 13).

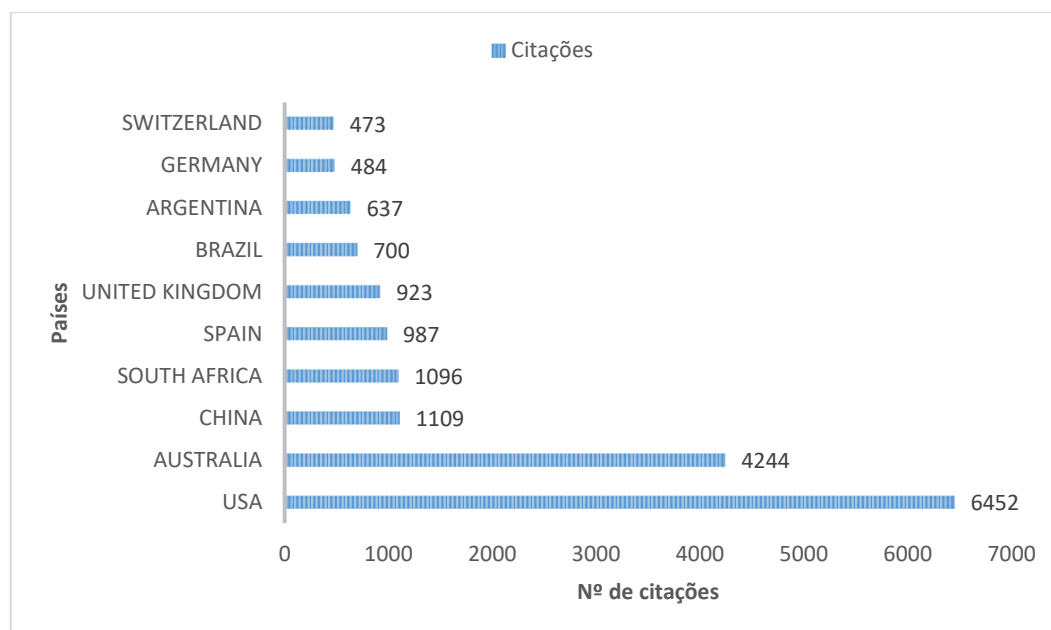


Figura 13: Países mais citados

O bibliometrix gera uma nuvem de palavras retiradas dos títulos de todos os 698 artigos levantados. Semiarid region aparece 213

vezes, em seguida, fire com 134 vezes, vegetation e wildfire aparecem com 86 e 80 vezes respectivamente, como mostra a Figura 14 a seguir.



Figura 14: Nuvem de palavras gerado pelo bibliometrix dos títulos dos 698 artigos levantados

Contudo, o Bibliometrix também fornece gráficos com os documentos mais citados globalmente. Neste estudo, a pesquisa de Poulter et

al. (2014) obteve 966 citações, referente ao artigo intitulado “Contribution of semi-arid ecosystems to interannual variability of the global carbon cycle”.

Os autores afirmam que a terra e o oceano atuam como sumidouros de emissões de combustíveis fósseis, retardando o aumento das concentrações atmosféricas de dióxido de carbono. Por outro lado, Grace et al. (2006) obteve 429 citações de seu documento. Os autores estudaram a produtividade e os fluxos de carbono em savanas tropicais, com o objetivo de estimar a magnitude local e global dos fluxos de carbono entre a savana e a atmosfera.

Eles sugeriram a importância das savanas no ciclo do carbono e até que ponto a proteção dessas áreas poderia contribuir para uma iniciativa global de sequestro de carbono. A Figura 15 apresenta os dez documentos mais citados globalmente sobre o estudo do fogo em regiões semiáridas.

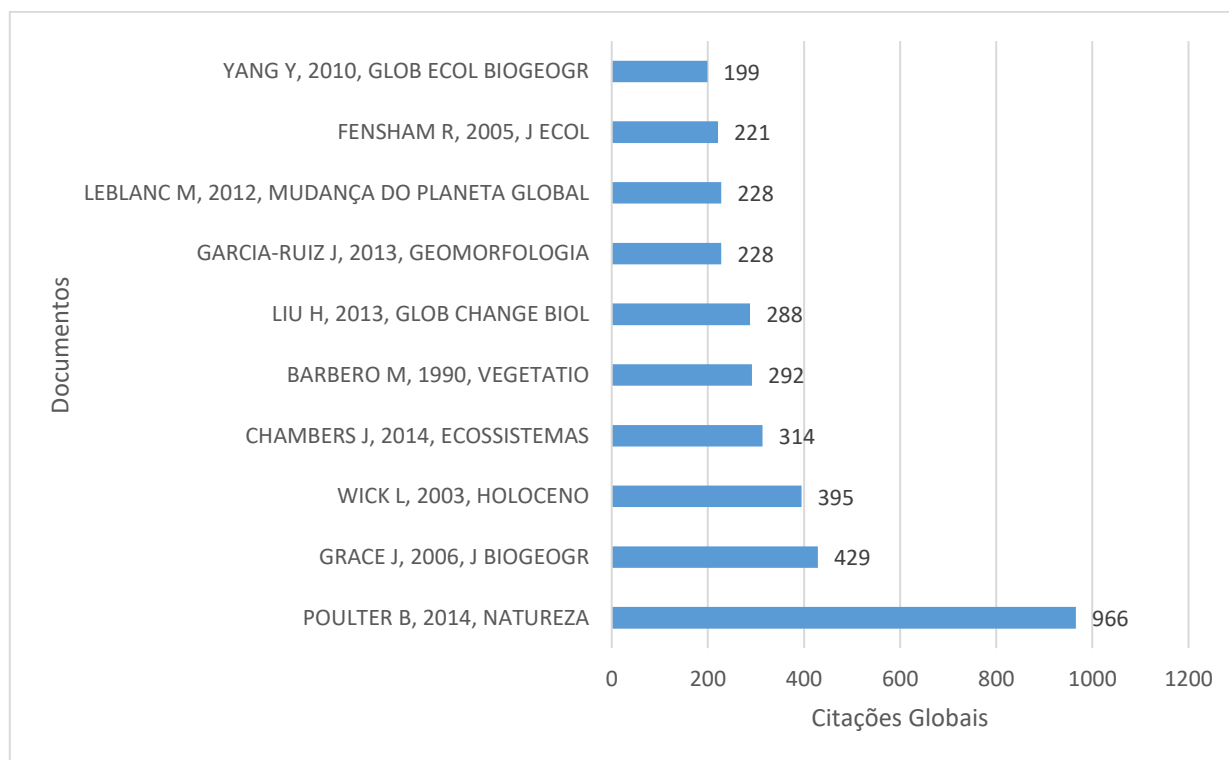


Figura 15: Documentos mais citados globalmente sobre o estudo do fogo em regiões semiáridas

Perspectiva Sistemática

De modo geral, 70% dos documentos dizem respeito às análises do fogo por meio de métodos diretos. Os demais documentos foram realizados por meio de métodos indiretos, especificamente por Sensoriamento Remoto.

No que diz respeito ao método indireto, foco dessa revisão de literatura, foi analisado o objetivo do artigo, a área de estudos, metodologia utilizada, e data das análises. Os Estados Unidos da América, lideram como a área mais estudada, em seguida, a Austrália, com 42 e 35 artigos respectivamente. Para os parâmetros adotados foram mapeados apenas quatro artigos relacionados a Caatinga brasileira.

Pesquisas utilizando dados secundários foram mais comumente observadas nas publicações analisadas. Como exemplo, têm-se dados e informações de Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) e imagens de Land Remote Sensing Satellite (LANDSAT),

pertencentes a Administração Nacional de Aeronáutica e Espaço (NASA).

O sensor MODIS a bordo das plataformas AQUA e TERRA possui vários produtos para a aquisição de informações relacionadas ao monitoramento de áreas queimadas (Benfica et al. 2020Chaves et al., 2021). De acordo com justice et al. (2002), são utilizados para monitorar de forma contínua a superfície terrestre por meio de 36 bandas espectrais que variam de 0.4 μm a 14,4 μm com 250, 500 e 1000 metros de resolução espacial. Campagnolo et al. (2021) afirmam que os produtos de dados de área queimada de imagens moderada MODIS (MCD64A1) exibem alta precisão temporal, enquanto Alves et al., (2018); Giglio et al., (2018), retratam das reduções substâncias na incerteza temporal.

Enquanto os dados MODIS são produtos prontos para o monitoramento do fogo, as imagens LANDSAT necessitam de processamento digital para detecção de incêndios, utilizando cálculos de índice de vegetação, como método recorrente.

Além disso, imagens dos satélites japoneses Earth Resource Satellite (JERS), Systeme Pour l'Observation de la Terre (SPOT) e Advanced Very-Resolution Radiometer (AVHRR) também têm sido empregadas em pesquisas (Justice et al., 2002).

No que diz respeito às séries temporais, 37 artigos trabalharam com dados no máximo um ano, 14 artigos com dados de dois anos e 67 artigos trabalharam com séries históricas com dez anos ou mais, sendo que apenas um, com série histórica de mais de 100 anos, 109 especificamente. Esse trabalho de título “Dominant regions and drives of the variability of the global land carbon sink across timescales” estudou dez processos baseados em modelos de ecossistemas terrestres forçados pelo clima observacional de 110 anos, onde manipulam dados MODIS e Copernicus.

Entre os artigos analisados, o mais citado, com 751 citações, de título: “Productivity and carbon fluxes of tropical savannas” de autoria de Grace et al. (2006). O artigo foi publicado na revista Journal of Biogeography.

Dos 193 artigos relacionados ao SR, foi criada uma nuvem de palavras com os resumos dos artigos selecionados através do *WorldClouds*, no qual se destaca as dez principais palavras-chave. A palavra que aparece com maior frequência é “incêndio”, que aparece 307 vezes. A seguir tem-se a palavras fogo (60), florestais (140), cobertura (23), estudo (2), semiáridas (99), satélite (71) e pastagens (67). A nuvem de palavras gerada, segue na Figura 16 a seguir.



Figura 16: Principais palavras-chave dos resumos dos 193 artigos relacionados ao método indireto

A Figura 17 apresenta de forma sintetizada os resultados obtidos nas análises Bibliométrica e

Sistemática, onde respondemos as perguntas iniciais desta pesquisa.

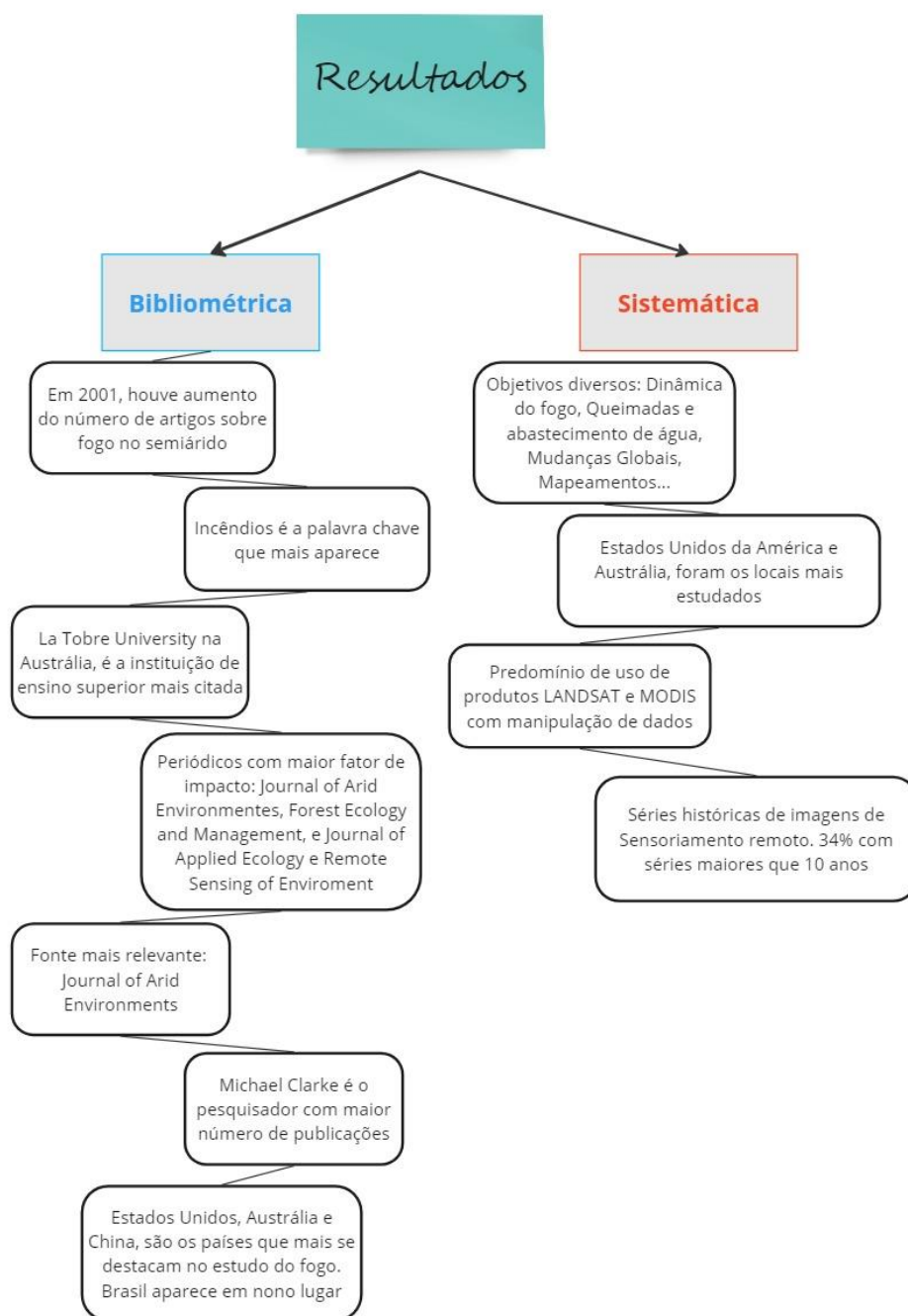


Figura 17 - Síntese dos resultados obtidos das análises Bibliométrica e Sistemática

Discussão

Análise bibliométrica

O número de documentos sobre estudos do fogo em regiões semiáridas cresce num ritmo muito parecido com aquele observado no número de estudos em savanas, apresentado por Feitosa Junior et al. (2024). Tanto naquele estudo, quando neste, observa-se que este crescimento decorre de um cenário global do aumento da produção científica.

Ademais, de maneira geral, dados e informações de incêndio coletados por plataformas orbitais são disponibilizados diariamente (Turner, Ostendorf e Lewis, 2008; Hardtke et al., 2015), pois estão disponíveis globalmente e têm consistência espacial e temporal única (Mayr, Vanselow e Samimi, 2018). Igualmente relevante destacar o protagonismo dos estudos que envolvem as mudanças climáticas, devido às influências do fogo nestes cenários (Withey et al., 2018). Ademais, fenômeno de degradação das terras secas e deterioração dos seus recursos naturais, têm-se a

desertificação decorrente das variações climáticas e das ações humanas (De Souza et al., 2023).

A complexidade e a dinâmica do fenômeno da desertificação, que varia ao longo do tempo e do espaço, têm um papel crucial nos estudos que se concentram em aprimorar os métodos de investigação desse problema, especialmente através da organização de diferentes indicadores. Embora a desertificação tenha recebido reconhecimento científico e preocupação global desde os anos 1970, ainda há obstáculos para compreender completamente o problema nos círculos acadêmicos, institucionais e políticos.

De acordo com Schaer-Barbosa et al. (2014) et al. (2021) as escassezes de chuvas causam impactos em cadeia nos aspectos econômicos, sociais e políticos. Economicamente, a seca atinge diretamente o setor agropecuário, diminuindo a produção, enfraquecendo os animais e levando ao desemprego nas áreas rurais, além de provocar fome e migração para outras regiões. Socialmente, os mais prejudicados são os mais pobres, pois a falta de água afeta tanto suas atividades diárias quanto as produtivas, impactando negativamente suas condições de vida.

Estudos do Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais (CEMADEN) juntamente com Instituto Nacional de Pesquisa Espaciais (INPE), identificaram pela primeira vez na história que a região semiárida do Brasil, apresentou clima de deserto.

Foram realizadas análises utilizando índice de vegetação, níveis de precipitação, umidade do solo e temperatura, utilizando dados coletados por satélites. Também foram examinados os sinais de satélites que estimam a energia em áreas específicas e o equilíbrio da radiação de ondas curtas na parte superior da atmosfera (BURITI, 2023).

No Brasil, cerca de 57% da região nordeste é reconhecida como semiárida e vem passando por grandes processos de uso da terra nas últimas décadas, que geraram em uma severa degradação de seus ativos naturais (Vieira et al. 2015).

O declínio no número médio de citações por artigo sobre fogo nas regiões semiáridas contrasta com o estudo de Feitosa Junior et al. (2024). De acordo com essa pesquisa, a média de citações por artigo durante o período analisado pode ser influenciada pelo aumento de periódicos disponíveis e pela maior acessibilidade às redes internacionais de computadores. Além disso, a pesquisa aponta que o crescimento no número de publicações científicas e na oferta de produtos de sensoriamento remoto resulta em mais estudos, o que pode dificultar a leitura de vários artigos e levar à redução no número de citações.

A nuvem de palavras nesta pesquisa revelou a alta performance da escolha adequada das strings de busca. Ou seja, as palavras mais frequentes constam das palavras delimitadas para a busca da revisão de literatura. Ademais, a relação fogo, vegetação e semiárido revela uma lógica dos estudos destacados.

O protagonismo da La Trobe University, localizada em Melbourne, Austrália, pode estar relacionado com os estudos neste país. Estudos de Andersen et al. (2005) já apontaram para os estudos clássicos neste país, inclusive com as interações científicas a partir de um centro de referência para o estudo do fogo (Neale et al., 2016; CRC, 2023). Para Neale et al. (2016), isso ocorreu através de renomados grupos de pesquisa, incluindo aqueles ligados ao Cooperative Research Centre (CRC), fundado em julho de 1995 (CRC, 2023).

O Journal of Arid Environments é um periódico internacional que publica artigos de pesquisa de alta qualidade que fornecem insights originais sobre questões científicas, ambientais, ecológicas e pessoas-natureza críticas nas terras áridas do mundo. Pertence a Elsevier, que é uma empresa editorial holandesa especializada em conteúdo científico, técnico e médico. É uma das seis empresas que dominam a publicação científica no mundo inteiro. As publicações mais recentes publicadas na revista revelam estudos em diversas partes do mundo. Assim, destaca-se a pesquisa que revela os fatores naturais e humanos afetam a biomassa e os nutrientes subterrâneos em uma floresta seca da Caatinga (Menezes et al., 2024), um dos biomas do Brasil menos estudados no país (Silva et al., 2022). Ademais, destaca-se o estudo de que exploraram técnicas de aprendizado de máquina na seleção de locais adequados para revegetação em áreas semiáridas (Abdullah et al., 2024).

Os incêndios na América do Sul estão se tornando mais frequentes e abrangentes devido ao aumento dos extremos climáticos e das pressões humanas. Em algumas regiões, esses incêndios se repetem ao longo de décadas. Apesar disso, ainda não está claro como esses incêndios recorrentes afetam a dinâmica da vegetação (Ren et al., 2024).

O pesquisador mais proeminente está associado da La Trobe Michael Clarke, professor emérito que tem um interesse de longa data no impacto do fogo na fauna. Segundo sua página no site da La Trobe, o professor publicou internacionalmente sobre ecologia e biologia da conservação de aves, répteis, mamíferos, peixes e plantas (<https://scholars.latrobe.edu.au/mfclarke>).

Seu estudo mais recente intitulado Assessing the adequacy of an aggregated vegetation classification: A test in semi-arid

Australia, publicado na *Austral Ecology*, o pesquisador apresenta três sistemas de classificação para testar até que ponto cada um representava bem os padrões de variação na vegetação. O estudo foi conduzido numa região semiárida em Victoria, Austrália: (a) um sistema de classificação de nível mais preciso; (b) um sistema de resolução mais grosseira que agregasse unidades de resolução composicional mais refinadas para fins de gerenciamento de incêndios; e (c) uma classificação de resolução mais grosseira baseada em zonas climáticas.

Análise Sistemática

Ainda não existe um número fixo e ideal de artigos a serem analisados em uma revisão sistemática. Esse número varia de acordo com o tema abordado. Isso foi observado em diversas pesquisas, dentre as quais, Feitosa Junior et al. (2024), Herrmann, Nascimento e Freitas (2022), Fernandes, Hacon e Novais (2021), trabalham com 314, 67 e 228 artigos respectivamente.

Quando se observa os objetivos das pesquisas analisadas, pode-se verificar a variabilidade dos estudos realizados no mundo. Esses objetivos variam de estudos de produtividade e fluxo de carbono (Grace et al., 2006) às mudanças nos regimes de incêndio (Prichard et al., 2017).

Ademais, observa-se também estudos com objetivos relacionados a erosão nas paisagens (García-Ruiz et al., 2013), padrões em grande escala de participação de biomassa (Yang et al., 2010), áreas suscetíveis a desertificação (Vieira et al., 2015), cobertura arbórea em escala continental (Bucini e Hanan, 2007), potencial do Sensoriamento remoto (Smith et al., 2005).

Os Estados Unidos da América lideram como a área mais estudada, com 42 publicações, como mencionado anteriormente, seguido da Austrália, com 35 artigos. Nos Estados Unidos, vários estudos têm utilizado o sensoriamento remoto para entender e monitorar o fogo.

Alguns dos principais estudos incluem o monitoramento de incêndios florestais, no qual os pesquisadores monitoram a extensão e a intensidade dos incêndios florestais. Esses dados ajudam a mapear as áreas queimadas (Tong, Wan e Gao, 2022; White et al., 2008). A modelagem de perigo de incêndio identificando áreas com maior risco com base em fatores como umidade do solo e vegetação (White et al., 2008; Hernandez-Leal et al., 2008). Influência do fogo e do relevo, onde modelos de Sistema de Informações Geográficas foram desenvolvidos para representar a suscetibilidade ao fogo, de acordo com fatores bióticos que representam combustíveis e barreiras

topográficas à propagação do fogo (Weisberg et al., 2008).

Em segundo lugar têm-se a Austrália com 35 artigos publicados sobre o fogo nessa região. Alguns dos principais estudos sobre o fogo em regiões semiáridas na Austrália, têm-se história de incêndios ideais para a conservação da biodiversidade. No qual retrata sobre como evitar a extinção de população devido a regimes de fogo inadequadas, porém, em muitos ecossistemas, não está claro qual a combinação de histórias de incêndios que atingirá esse objetivo (Kelly et al., 2015). Estudos relacionados as Anomalias climáticas e ocorrência de incêndios também são realizados em regiões da Austrália.

O'Donnell et al. (2011) e Turner, Lewis e Osteendorf (2011) afirmam que as relações entre variações climáticas e a ocorrência de incêndios florestais permanecem pouco compreendidas em muitas regiões propensas a incêndios. O mapeamento sistemático do fogo é essencial para a ecologia e planejamento e gestão. O fogo é um processo de perturbação natural que molda os ecossistemas em todo o mundo e influencia a distribuição de muitas espécies de plantas e animais (Avitabile et al., 2013). O'Donnell et al. (2010) afirmam que os regimes históricos de incêndios nos matagais semiáridos do sul da Austrália Ocidental são pouco compreendidos devido à falta de dados históricos quantitativos.

Gouveia (2023), estuda a caracterização e quantificação dos focos de calor no sertão Pernambucano, Nordeste do Brasil e a identificação de forma operacional nos meses mais secos do ano. Utilizou de imagens do sensor MODIS a bordo da plataforma TERRA, no período de 2014 a 2020.

A identificação de áreas suscetíveis à desertificação no nordeste brasileiro foi estudada por Vieira et al. (2015). Onde os autores afirmam que cerca de 57% da região Nordeste do Brasil é classificada como semiárida e tem enfrentado intensos processos de uso da terra nas últimas décadas, o que levou a uma grave degradação de seus recursos naturais. Novais et al. (2019), analisaram as ocorrências de focos de calor registrados por satélites entre os anos 2000 a 2015, no Estado da Paraíba, região Nordeste brasileira.

Aproximadamente 28% dos artigos selecionados pelo método indireto, utilizaram imagens LANDSAT. No que diz respeito ao período analisado nesta pesquisa (1975-2023), pode-se observar mudanças significativas no que se refere às abordagens de sensoriamento remoto. Estudos anteriores focaram em sensores LANDSAT (Liu, Wenjie et al., 2023; Van Den Hoof, Catherine; Verstraete, Michel; Scholes,

Robert J. Differing, 2018) e MODIS (Farfán et al., 2021; Kpienbaareh, D., & Luginaah, I. 2021; Githumbi et al., 2018). A disponibilidade de dados LANDSAT é percebido desde o ano de 1970 e de acordo com Lulla et al. (2021), esse programa foi o primeiro a ser lançado em órbita para recursos terrestres.

Segundo Wulder et al. (2022), o programa LANDSAT tem monitorado a Terra de forma contínua desde 1972, acumulando agora cinco décadas de observações digitais, multiespectrais e de resolução espacial média. Além disso, os autores destacam que, em 2008, a disponibilização gratuita e aberta dos dados LANDSAT foi um marco inédito para dados de observação da Terra com essa resolução espacial. Essa mudança impulsionou consideravelmente o uso desses dados e gerou uma ampla gama de novas oportunidades científicas e de aplicação.

As imagens LANDSAT estão disponíveis deste 1985 com resolução espacial de 30 m e a disponibilização gratuita e aberta dos dados, implementada em 2008, foi inédita para dados de observação da Terra com resolução espacial média, aumentando significativamente seu uso e resultando em uma proliferação de oportunidades científicas e aplicativas. (Wulder et al., 2022).

As vantagens das imagens LANDSAT estão associadas à sua gratuidade, alta resolução espacial e longo período de geração de imagens, constituindo o maior conjunto de dados de séries temporais disponíveis atualmente. A ampla utilização das imagens LANDSAT pode ser atribuída ao fato de ter sido o primeiro programa de sensoriamento remoto de recursos terrestres, lançados em 1972, inicialmente chamado de Satélites Tecnológicos de Recursos Terrestres (ERTS-1). Um exemplo é a pesquisa de O'Donnell et al. (2010) que fornece os regimes históricos de incêndios nos matagais semiáridos do Sul da Austrália Ocidental, avaliando a capacidade de datar incêndios históricos.

No que diz respeito às plataformas orbitais, há diversas alternativas, como as oferecidas pelo programa LANDSAT. Atualmente, os satélites LANDSAT 7, 8 e 9 estão em operação. Todos esses satélites são operados pelo Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS) e cobrem a Terra a cada 16 dias, coletando dados em várias bandas das faixas de onda do visível (V), infravermelho próximo (NIR) e médio (SWIR), além do infravermelho termal (TIR), com resolução de 30 e 100 metros (USGS, 2024). Uma das principais vantagens dos satélites LANDSAT é a consistência nos ciclos de revisita (Alvarado; Silva; Archibald, 2018; Goodwin; Collett, 2014), e atualmente, com os três satélites em operação, esse ciclo deve

diminuir para oito dias, fornecendo dados importantes para a análise de séries temporais.

Por outro lado, o sensor Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS), presente nos satélites Terra e Aqua, também gerenciados pela NASA, possui uma resolução espacial menor, mas oferece uma alta resolução temporal, com revisitas a cada 1-2 dias. Este sensor proporciona alta sensibilidade radiométrica de 12 bits, capturando dados em 36 bandas espectrais que variam de 0,4 a 14,4 μm , com resolução espacial entre 250 m e 1 km. Ele desempenha um papel crucial no desenvolvimento de modelos interativos e globais de sistemas terrestres validados, capazes de prever mudanças globais com precisão suficiente para auxiliar os formuladores de políticas na tomada de decisões informadas sobre a proteção ambiental (NASA, 2024).

Imagens dos sensores MODIS e LANDSAT provavelmente são utilizados com mais frequência devido à sua longa série histórica e ao fato de serem disponibilizados gratuitamente. A frequência elevada de revisitas dos satélites Aqua e Terra, operando em conjunto, permite detectar não apenas mudanças drásticas na cobertura, mas também qualquer desvio do estado saudável esperado do ecossistema (Slingsby et al., 2020; Herrmann et al., 2022). Isso proporciona informações relevantes que apoiam a compreensão do uso do fogo. (Chen et al., 2017).

Ao analisar todos os 193 artigos sobre o estudo do fogo nas regiões semiáridas, observou-se que 67 artigos trabalharam com séries históricas de dez anos ou mais. Pesquisas relacionadas a análises espaço temporal da recorrência do fogo, com análise geoespacial para quantificar mudanças na frequência, sazonalidade e distribuição espacial dos incêndios (Pricope e Binford, 2012).

Foi realizado um estudo no nordeste brasileiro com uma série histórica de 10 anos, especificamente entre os anos 2000 e 2010 (Vieira et al., 2015). Os autores estudaram fatores que influenciam a desertificação, como, pedologia, geologia, geomorfologia, dados topográficos, uso da terra e mudanças de cobertura da terra, índice de aridez, densidade pecuária, populacional rural, densidade de focos de incêndios, índice de desenvolvimento humano e unidades de conservação. Com esta série histórica, pode-se observar que a região nordeste do Brasil, quase em sua totalidade (94%) está sob suscetibilidade moderada a alta à desertificação.

Em uma série histórica de 58 anos. Van Etten, et al. (2021) estudaram utilizando dados de cicatrizes do fogo, os padrões espaciais e temporais do fogo em matagais e florestas semiáridas. Analisaram cicatrizes de incêndios mapeadas para

quantificar e descrever os regimes de incêndios de uma área pouco conhecida do interior e semiárido da Austrália Ocidental.

Apesar dos Estados Unidos da América e Austrália apresentarem locais de mais estudos sobre o fogo em regiões semiáridas, tem-se também trabalhos relacionados a China, Espanha, Portugal, Índia e outros. Pode-se citar por exemplo Ning et al. (2007), que avaliaram a mudança de uso e cobertura da terra na temperatura de superfície terrestre da Planície da Baía de Laizhou, na China, no qual trabalharam com manipulação de dados LANDSAT e Sistema de Informações Geográficas.

Vásquez, Pérez, González e Moreno (2002), estudaram características do regime de incêndios e potenciais relações com a vegetação natural na Espanha. Nestes estudos usaram dados de Modelo Digital de Elevação e Sistema de Informações Geográfica. Esses estudos indicam que mesmo em regiões influenciadas pelo homem, as condições climáticas e do solo exercem controle sobre as características resultantes do incêndio florestal.

Santos et al. (2018) analisaram em uma propriedade privada de 155 ha, no sudoeste da Península Ibérica, Portugal, os aspectos positivos em lagos artificiais como estratégia de adaptação às mudanças climáticas em terras áridas. Lagos estes, que podem aumentar a biodiversidade local e o bem-estar humano.

Certos parâmetros, como cultivo agrícola, escassez de água, padrões de precipitação decrescente e déficit hídrico, risco climático para a agricultura e áreas sujeitas à seca, foram estudados por Goparaju e Ahmad (2019) por meio de Sistemas de Informações Geográficas para aprimorar a compreensão das mudanças climáticas. Esses autores também destacam a grande urgência em desenvolver estratégias para mitigar os efeitos das mudanças climáticas, especialmente nas regiões semiáridas da China. Ademais o estudo do fogo em regiões semiáridas com utilização de Sensoriamento Remoto é escasso, principalmente a nível de Brasil, no qual tem-se a região Nordeste com nove estados pertencentes a esta região. No total, ocupa 12% do território nacional e abriga cerca de 28 milhões de habitantes, sendo, portanto, um dos semiáridos mais povoados do mundo (INSA, 2024).

Apesar da aplicabilidade da inteligência artificial para revisão de literatura, foi possível constatar algumas limitações. Primeiro, os algoritmos de IA podem ser influenciados pelos dados das bases, o que pode resultar na omissão de trabalhos relevantes que não se enquadram nos padrões identificados pelo modelo. Além disso, se as bases não estiverem completas ou atualizadas, a

revisão bibliográfica pode deixar de fora artigos importantes. Por exemplo, pesquisas sobre o fogo por meio de dados de sensoriamento remoto, escritas em Língua em Portuguesa ficaram de fora do mapeamento de documentos na revisão de literatura na perspectiva bibliométrica.

Nesse sentido destaca-se a pesquisa de Matos (2023), que revela o estudo do fogo por meio da concentração dos focos de calor e da atuação da política pública no seu uso. A autora esclarece que é necessária política pública para a Caatinga com vistas à convivência com o fogo, especialmente, no espaço agrário.

Outra pesquisa que não apareceu nessa revisão porque foi escrita em português, foi aquela publicada por Silva, Juvanol e Miranda (2023) que avaliaram a variabilidade espaço-temporal de ocorrência e recorrência de fogo no Bioma Caatinga usando dados do sensor MODIS. Os autores revelaram que o estado do Piauí apresenta estatisticamente maior média de ocorrências de incêndios e área queimada na série temporal. De modo geral, para os autores, o bioma sofre sistemático crescimento de degradação, o que potencializa sua fragilidade ante ao fogo.

Do mesmo modo, merece destaque a pesquisa de Silva, Juvanol e Miranda (2023), também na língua portuguesa, o fato de que o sensoriamento remoto possibilita o mapeamento das áreas queimadas. Assim, o conhecimento do tamanho das áreas queimadas em uma região ao longo dos anos é fundamental para identificar as áreas mais afetadas pelo fogo. Ainda segundo os autores, o mapeamento da área queimada serve para apoiar o planejamento e a implementação de planos de controle do fogo e projetos de recuperação de áreas atingidas.

Estudos como os de Silva Junior e Pacheco (2021) e Chaves et al. (2019) destacam a importância do uso de técnicas de sensoriamento remoto, como o índice de vegetação realçado e a análise por componentes principais, para avaliar os impactos do fogo na Caatinga e em outros biomas. A quantificação das características da vegetação a partir de índices espectrais permite uma compreensão mais precisa das condições da superfície terrestre afetada pelo fogo, reforçando a relevância de investigações contínuas nessa área. Além disso, os trabalhos apresentados nos anais do Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto consolidam a importância da pesquisa científica na identificação de áreas queimadas e na análise da recorrência dos incêndios. Dessa forma,

este estudo contribui para o entendimento das dinâmicas de fogo no bioma Caatinga, utilizando abordagens metodológicas que dialogam com as práticas já estabelecidas na literatura.

Conclusões

A revisão sistemática e bibliométrica de literatura mostrou-se um método eficaz para o alcance do objetivo inicial da pesquisa. Identificar os autores que mais publicam, as instituições de ensino superior, os países (locais) mais estudados, objetivos, tipo de dados mais utilizados e o tempo de estudo, sobre as regiões semiáridas ao nível global.

A partir da análise dos periódicos e discussão das temáticas abordadas, foi possível concluir que a plataforma Scopus retornou uma maior quantidade de artigos que se enquadram nos critérios de seleção que WoS.

Notou-se de forma bem clara o aumento do número de publicações a partir do ano 2000. Ao se considerar o número de publicações por periódicos, a revista *Journal of Arid Environments* se destacou tanto na fonte mais relevante quanto o índice de impacto h, para as pesquisas do fogo no semiárido.

Os pesquisadores Michael Clarke e Nimmo D se destacaram nesse estudo. A Universidade de Latobre foi a protagonista nas pesquisas do fogo no semiárido. As imagens LANDSAT foram as mais utilizadas, talvez pelo predomínio de análises em escala local e regional.

Todas as regiões de semiárido, tem algum estudo sobre o fogo, com a utilização de Sensoriamento Remoto, seja por dados manipulados ou prontos. Porém no Brasil, os estudos são bem escassos, apesar do país ter satélite operando e o INPE (Instituto Nacional de pesquisas espaciais), e também o MapBiomas que fornece dados desde o ano de 1985. Desta forma a Caatinga brasileira carece de investigações científicas.

De modo geral acredita-se que essa revisão de literatura bibliométrica e sistemática, possa contribuir para pesquisas futuras no contexto de estudos relacionados ao fogo em regiões semiáridas.

Apesar das limitações da IA para as revisões de literatura, ela pode processar grandes volumes de dados em um tempo muito menor do que seria possível manualmente, agilizando a identificação de tendências e padrões na literatura. Além disso, os algoritmos podem automatizar a triagem de artigos, filtrando informações relevantes e permitindo que os pesquisadores concentrem seus esforços na

análise crítica dos estudos. Mesmo com algumas exclusões, a IA ainda contribui para uma revisão mais eficiente e abrangente, ao aumentar a precisão na busca por trabalhos científicos e ao possibilitar análises bibliométricas detalhadas. Assim, o uso da IA é uma ferramenta valiosa que complementa o trabalho humano, potencializando a qualidade e a velocidade das revisões de literatura.

Agradecimentos

Gostaríamos de agradecer ao programa de Pós-Graduação em Biosistemas da Universidade Federal do Sul da Bahia, pelo apoio ao longo da pesquisa.

Referências

- Abafe, E. A., Bahta, Y. T., & Jordaan, H. (2022). Exploring biblioshiny for historical assessment of global research on sustainable use of water in agriculture. *Sustainability*, 14(17), 10651. <https://doi.org/10.3390/su141710651>.
- Abdullah, M., Asadalla, N., Gharabi, Y., Mohan, M., Al Naabi, S., Al Ali, Z., ... & Abulibdeh, A. (2024). Predictive modeling of green water availability: The role of annual plants as an ecological indicator in dryland ecosystems. *Journal of Arid Environments*, 223, 105179. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2024.105179>.
- Agustín-Canales, N. S., Cruz-Sánchez, Y., Borja-de la Rosa, M. A., González-Tepale, M. R., & Monterroso-Rivas, A. I. (2023). Drought and Vulnerability in Mexico's Forest Ecosystems. *Forests*, 14(9), 1813. <https://doi.org/10.3390/f14091813>.
- Alvarado, S. T., Silva, T. S. F., & Archibald, S. (2018). Management impacts on fire occurrence: A comparison of fire regimes of African and South American tropical savannas in different protected areas. *Journal of environmental management*, 218, 79-87.. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.04.004>
- Alves, D. B., Pérez-Cabello, F., Rodrigues Mimbreno, M., & Febrer-Martínez, M. (2018). Accuracy assessment of the latest generations of MODIS burned area products for mapping fire scars on a regional scale over Campos Amazônicos Savanna Enclave (Brazilian Amazon). *Journal of Applied Remote Sensing*, 12(2), 026026-026026. <https://doi.org/10.1117/1.JRS.12.026026>

- Andersen, A. N., Cook, G. D., Corbett, L. K., Douglas, M. M., Eager, R. W., Russell-Smith, J. E. R. E. M. Y., ... & Woinarski, J. C. (2005). Fire frequency and biodiversity conservation in Australian tropical savannas: implications from the Kapalga fire experiment. *Austral ecology*, 30(2), 155-167. <https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.2005.01441.x>
- Aria, M., & Cuccurullo, C. (2017). bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of informetrics*, 11(4), 959-975. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007>
- Aslan, C. E., Samberg, L., Dickson, B. G., & Gray, M. E. (2018). Management thresholds stemming from altered fire dynamics in present-day arid and semi-arid environments. *Journal of environmental management*, 227, 87-94. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.08.079>
- Austin, A. T., Yahdjian, L., Stark, J. M., Belnap, J., Porporato, A., Norton, U., ... & Schaeffer, S. M. (2004). Water pulses and biogeochemical cycles in arid and semiarid ecosystems. *Oecologia*, 141, 221-235. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2005.06.023>
- Avitabile, S. C., Callister, K. E., Kelly, L. T., Haslem, A., Fraser, L., Nimmo, D. G., ... & Clarke, M. F. (2013). Systematic fire mapping is critical for fire ecology, planning and management: A case study in the semi-arid Murray Mallee, south-eastern Australia. *Landscape and Urban Planning*, 117, 81-91. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2013.04.017>
- Awala, SK., Hove, K., Wanga, MA, Valombola, JS, & Mwandemele, OD (2019). Tendência e variabilidade da precipitação no norte semiárido da Namíbia: implicações para a produção agrícola de pequenos produtores. *Welwitschia International Journal of Agricultural Sciences*, 1 (1), 1-25. <https://doi.org/10.32642/wijas.v1i0.1364>
- Benfica, N. S., Silva, D. P., Figueiredo, R. M., & Brunow, J. C. (2020). Validação do Produto de Área Queimada MCD64A1 de Resolução Moderada. *Brazilian Journal of Development*, 6(11), 91164-91171. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n11-504>
- Bernardino, P. N., De Keersmaecker, W., Fensholt, R., Verbesselt, J., Somers, B., & Horion, S. (2020). Global-scale characterization of turning points in arid and semi-arid ecosystem functioning. *Global Ecology and Biogeography*, 29(7), 1230-1245. <https://doi.org/10.1111/geb.13099>
- Bombo, A. B., Siebert, F., & Fidelis, A. (2022). Fire and herbivory shape belowground bud banks in a semi-arid African savanna. *African Journal of Range & Forage Science*, 39(1), 16-26. <https://doi.org/10.2989/10220119.2021.1982004>
- Bucini, G., & Hanan, N. P. (2007). A continental-scale analysis of tree cover in African savannas. *Global Ecology and Biogeography*, 16(5), 593-605.
- Buriti, Catarina. Pesquisa identifica pela primeira vez regiões áridas no Nordeste brasileiro; 21/11/2023. Universidade Federal de Alagoas. <https://noticias.ufal.br/ufal/noticias/2023/11/pesquisa-identifica-pela-primeira-vez-regioes-aridas-no-nordeste-brasileiro>. Acesso em 08 de abril de 2024
- Campagnolo, M. L., Libonati, R., Rodrigues, J. A., & Pereira, J. M. C. (2021). A comprehensive characterization of MODIS daily burned area mapping accuracy across fire sizes in tropical savannas. *Remote Sensing of Environment*, 252, 112115. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2020.112115>
- Castillo, M., Plaza, Á., & Garfias, R. (2020). A recent review of fire behavior and fire effects on native vegetation in Central Chile. *Global Ecology and Conservation*, 24, e01210. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e01210>
- Chaves, M., Martins, F., Mataveli, G., Conceição, K., Barros, K., & Guerrero, J. (2021). Focos de calor no Cerrado e na Caatinga de Minas Gerais identificados por sensor orbital. *Revista Brasileira de Sensoriamento Remoto*, 2(1). <https://doi.org/10.5281/zenodo.4743931>
- Chen, X., Liu, Y. Y., Evans, J. P., Parinussa, R. M., van Dijk, A. I., & Yebra, M. (2018). Estimating fire severity and carbon emissions over Australian tropical savannas based on passive microwave satellite observations. *International journal of remote sensing*, 39(20), 6479-6498. <https://doi.org/10.1080/01431161.2018.1460507>
- Chuvieco, E., Aguado, I., Salas, J., García, M., Yebra, M., & Oliva, P. (2020). Satellite remote sensing contributions to wildland fire science and management. *Current Forestry Reports*, 6, 81-96. <https://doi.org/10.1007/s40725-020-00116-5>
- Clarke, M. F., Kelly, L. T., Avitabile, S. C., Benshemesh, J., Callister, K. E., Driscoll, D. A., ... & Bennett, A. F. (2021). Fire and its interactions with other drivers shape a

- distinctive, semi-arid 'Mallee' ecosystem. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 9, 647557.
<https://doi.org/10.3389/fevo.2021.647557>
- Correia, C. D. N., Malik A., and João A. S. (2024). "Analysis of the Impacts of Climate Change on Agriculture in Angola: Systematic Literature Review" *Agronomy* 14, no. 4: 783.
<https://doi.org/10.3390/agronomy14040783>
- CRC, Cooperative Research Centre. (2023). CRC, CRC for the Sustainable Development of Tropical Savannas (1995 - 2001) Available in <https://www.eoas.info/biogs/A001949b.htm>
- Dainelli, R., Toscano, P., Di Gennaro, S. F., & Matese, A. (2021). Recent advances in Unmanned Aerial Vehicles forest remote sensing. A systematic review. Part II: Research applications. *Forests*, 12(4), 397.
<https://doi.org/10.3390/f12040397>
- Farfán, M., Dominguez, C., Espinoza, A., Jaramillo, A., Alcántara, C., Maldonado, V., ... & Flamenco, A. (2021). Forest fire probability under ENSO conditions in a semi-arid region: a case study in Guanajuato. *Environmental monitoring and assessment*, 193(10), 684.
<https://doi.org/10.1007/s10661-021-09494-0>.
- Fernandes, T., de Souza Hacon, S., & Novais, J. W. Z. (2021). Mudanças climáticas, poluição do ar e repercussões na saúde humana: Revisão Sistemática. *Revista Brasileira de Climatologia*, 28, 138-164.
<http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v28i0.72297>
- Figueredo, Wilton Nascimento et al. Análise bibliométrica da produção brasileira sobre a covid-19. *Rev. baiana enferm*, p. e37107-e37107, 2020. DOI: <https://doi.org/10.18471/rbe.v34.37107>
- García-Ruiz, J. M., Nadal-Romero, E., Lana-Renault, N., & Beguería, S. (2013). Erosion in Mediterranean landscapes: Changes and future challenges. *Geomorphology*, 198, 20-36 <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2013.05.023>
- Giglio, L., Boschetti, L., Roy, D. P., Humber, M. L., & Justice, C. O. (2018). The Collection 6 MODIS burned area mapping algorithm and product. *Remote sensing of environment*, 217, 72-85.
<https://doi.org/10.1016/j.rse.2018.08.005>
- Giorgis, M. A., Zeballos, S. R., Carbone, L., Zimmermann, H., von Wehrden, H., Aguilar, R., ... & Jaureguiberry, P. (2021). A review of fire effects across South American ecosystems: the role of climate and time since fire. *Fire Ecology*, 17, 1-20.
<https://doi.org/10.1186/s42408-021-00100-9>
- Githumbi, E. N., Courtney Mustaphi, C. J., Yun, K. J., Muiruri, V., Rucina, S. M., & Marchant, R. (2018). Late Holocene wetland transgression and 500 years of vegetation and fire variability in the semi-arid Amboseli landscape, southern Kenya. *Ambio*, 47, 682-696.
<https://doi.org/10.1007/s13280-018-1014-2>
- Golla, B. (2021). Agricultural production system in arid and semi-arid regions. *International Journal of Agricultural Science and Food Technology*, 7(2), 234-244.
<https://doi.org/10.17352/2455-815X.000113>
- Goodwin, N. R., & Collett, L. J. (2014). Development of an automated method for mapping fire history captured in Landsat TM and ETM+ time series across Queensland, Australia. *Remote Sensing of Environment*, 148, 206-221..
<https://doi.org/10.1016/j.rse.2014.03.021>.
- Goparaju, L., & Ahmad, F. (2019). Analyzing the risk related to climate change attributes and their impact, a step towards climate-smart village (CSV): a geospatial approach to bring geonics sustainability in India. *Spatial Information Research*, 27(6), 613-625.
<https://doi.org/10.1007/s41324-019-00258-0>
- Gouveia, J. R. F. de, & Nascimento, C. R. (2023). Identificação Operacional de Áreas com Potencial de Regeneração e/ou Recuperação Vegetal nas Mesorregiões do Sertão e São Francisco Pernambucano. *Revista Brasileira De Geografia Física*, 16(3), 1231-1246.
<https://doi.org/10.26848/rbfg.v16.3.p1231-1246>
- Grace, J., José, J. S., Meir, P., Miranda, H. S., & Montes, R. A. (2006). Productivity and carbon fluxes of tropical savannas. *Journal of Biogeography*, 33(3), 387-400..
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2005.01448.x>
- Hardtke, L. A., Blanco, P. D., del Valle, H. F., Metternicht, G. I., & Sione, W. F. (2015). Semi-automated mapping of burned areas in semi-arid ecosystems using MODIS time-series imagery. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 38, 25-35.
<https://doi.org/10.1016/j.jag.2014.11.011>
- He, T., Lamont, B. B., & Pausas, J. G. (2019). Fire as a key driver of Earth's biodiversity. *Biological Reviews*, 94(6), 1983-2010..
<https://doi.org/10.1111/brv.12544>.
- Hering, R., Hauptfleisch, M., Geißler, K., Marquart, A., Schoenen, M., & Blaum, N. (2019). Shrub encroachment is not always land degradation: Insights from ground-dwelling beetle species niches along a shrub cover

- gradient in a semi-arid Namibian savanna. *Land degradation & development*, 30(1), 14-24.. <https://doi.org/10.1002/ldr.3197>.
- Herrmann, Pâmela Boelter; Nascimento, Victor Fernandez; DE FREITAS, Marcos Wellausen Dias. Sensoriamento Remoto Aplicado à Análise de Fogo em Formações Campestres: Uma Revisão Sistemática. *Rev. Bras. Cartogr*, v. 74, n. 2, 2022. <https://doi.org/10.14393/rbcv74n2-63739>
- Hernandez-Leal, P. A., Gonzalez-Calvo, A., Arbelo, M., Barreto, A., & Alonso-Benito, A. (2008). Synergy of GIS and remote sensing data in forest fire danger modeling. *IEEE Journal of selected topics in applied earth observations and remote sensing*, 1(4), 240-247. <https://doi.org/10.1109/JSTARS.2008.2009043>
- Huxman, T. E., Snyder, K. A., Tissue, D., Leffler, A. J., Ogle, K., Pockman, W. T., ... & Schwinning, S. (2004). *Precipitation pulses and carbon fluxes in semiarid and arid ecosystems*. *Oecologia*, 141, 254-268. <https://doi.org/DOI 10.1007/s00442-004-1682-4>
- IPCC. (2008). Climate change and water, intergovernmental panel on climate change Technical Report IV.
- INSA. Instituto Nacional do Semiárido (2024). <https://www.gov.br/insa/pt-br>,
- Junior, F. R. F., dos Santos, A. M., Alvarado, S. T., da Silva, C. F. A., & Nunes, F. G. (2023). Remote sensing applied to the study of fire in savannas: A literature review. *Ecological Informatics*, 102448. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2023.102448>
- Justice, C. O., Townshend, J. R. G., Vermote, E. F., Masuoka, E., Wolfe, R. E., Saleous, N., ... & Morisette, J. T. (2002). An overview of MODIS Land data processing and product status. *Remote sensing of Environment*, 83(1-2), 3-15. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(02\)00084-6](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(02)00084-6)
- Kelly, L. T., Giljohann, K. M., Duane, A., Aquilué, N., Archibald, S., Batllori, E., ... & Brotons, L. (2020). Fire and biodiversity in the Anthropocene. *Science*, 370(6519), eabb0355.. <https://doi.org/10.1126/science.abb03>
- Kelly, L. T., Bennett, A. F., Clarke, M. F., & McCarthy, M. A. (2015). Optimal fire histories for biodiversity conservation. *Conservation Biology*, 29(2), 473-481. <https://doi.org/10.1111/cobi.12384>
- Knuckey, C. G., Van Etten, E. J., & Doherty, T. S. (2016). Effects of long-term fire exclusion and frequent fire on plant community composition: a case study from semi-arid shrublands. *Austral Ecology*, 41(8), 964-975. <https://doi.org/10.1111/aec.12388>
- Kpienbaareh, D., & Luginaah, I. (2021). Mapping burnt areas in the semi-arid savannahs: An exploration of SVM classification and field surveys. *GeoJournal*, 86(2), 979-992. <https://doi.org/10.1007/s10708-019-10107-0>
- Larsen, K. R., Hovorka, D., Dennis, A., & West, J. D. (2019). Understanding the elephant: The discourse approach to boundary identification and corpus construction for theory review articles. *Journal of the association for information systems*, 20(7), 15. <https://doi.org/10.17705/1jais.00556>
- Lecina-Diaz, J., Martínez-Vilalta, J., Alvarez, A., Vayreda, J., & Retana, J. (2021). Assessing the risk of losing forest ecosystem services due to wildfires. *Ecosystems*, 1-15. <https://doi.org/10.1007/s10021-021-00611-1>.
- Linnenluecke, M. K., Marrone, M., & Singh, A. K. (2020). Conducting systematic literature reviews and bibliometric analyses. *Australian Journal of Management*, 45(2), 175-194. <https://doi.org/10.1177/0312896219877678>
- Liu, H., Park Williams, A., Allen, C. D., Guo, D., Wu, X., Anenkhonov, O. A., ... & Badmaeva, N. K. (2013). Rapid warming accelerates tree growth decline in semi-arid forests of Inner Asia. *Global change biology*, 19(8), 2500-2510. <https://doi.org/10.1111/gcb.12217>
- Liu, W., Guan, H., Hesp, P. A., & Batelaan, O. (2023). Remote sensing delineation of wildfire spatial extents and post-fire recovery along a semi-arid climate gradient. *Ecological Informatics*, 78, 102304. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2023.102304>
- Longo, L. (2019, September). Empowering qualitative research methods in education with artificial intelligence. In *World Conference on Qualitative Research* (pp. 1-21). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-31787-4_1
- Lulla, K., Nellis, M. D., Rundquist, B., Srivastava, P. K., & Szabo, S. (2021). Mission to earth: LANDSAT 9 will continue to view the world. *Geocarto International*, 36(20), 2261-2263. <https://doi.org/10.1080/10106049.2021.1991634>
- Klinge, M., Schneider, F., Li, Y., Frechen, M., & Sauer, D. (2022). Variations in geomorphological dynamics in the northern Khangai Mountains, Mongolia, since the Late Glacial period. *Geomorphology*, 401, 108113. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2022.108113>
- Matos, H. S. (2023). *Quando a caatinga pega fogo: incêndios na vegetação e a política pública de*

- uso do fogo no Ceará de 2002 a 2022. [Tese de Doutorado, Universidade Federal do Ceará]. Repositório Digital da UFC. <http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/75536>
- Mayr, M. J., Vanselow, K. A., & Samimi, C. (2018). Fire regimes at the arid fringe: A 16-year remote sensing perspective (2000–2016) on the controls of fire activity in Namibia from spatial predictive models. *Ecological Indicators*, 91, 324-337. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.04.022>
- Menezes, A. G., Filgueiras, B. K., Silva, C. S., Lins, S. R., & Tabarelli, M. (2024). Natural and human-related drivers affect belowground biomass and nutrients in a Caatinga dry forest. *Journal of Arid Environments*, 223, 105180. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2024.105180>
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G., & PRISMA Group*, T. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *Annals of internal medicine*, 151(4), 264-269. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000097>
- National Aeronautics And Space Administration (NASA). MODIS: Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer. <https://modis.gsfc.nasa.gov/about/>.
- Neale, T., Weir, J. K., & Dovers, S. (2016). Science in Motion: Integrating scientific knowledge into bushfire risk mitigation in southwest Victoria. *The Australian Journal of Emergency Management*, 31(2), 13–17. <https://search.informit.org/doi/10.3316/ielapa.330920013771229>.
- Nicholson, SE (2013). O Sahel da África Ocidental: Uma revisão de estudos recentes sobre o regime de precipitação e sua variabilidade interanual. *International Scholarly Research Notices*, 2013 (1), 453521. <https://doi.org/10.1155/2013/453521>
- Nielsen, L. W. Climate Change. (2012) *Encyclopedia of Applied Ethics* (Second Edition), Pages 467-475. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-373932-2.00344-6>
- Ning, J., Gao, Z., Zhang, Z., & Li, Z. (2007, October). Influence of land use/cover change on land surface temperature of Laizhou Bay Plain. In *Remote Sensing and Modeling of Ecosystems for Sustainability IV* (Vol. 6679, pp. 194-202). SPIE. <https://doi.org/10.1117/12.728902>
- Novais, D. B., Souto, P. C., Souto, J. S., & da Silva Santana, J. A. (2019). Temporary series of heat sources in mesoregions of Paraíba, Brazil. *Floresta*, 49(2). <https://doi.org/10.5380/ufpb.v49i2.55112>
- O'Dea, R. E., Lagisz, M., Jennions, M. D., Koricheva, J., Noble, D. W., Parker, T. H., ... & Nakagawa, S. (2021). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses in ecology and evolutionary biology: a PRISMA extension. *Biological Reviews*, 96(5), 1695-1722. <https://doi.org/10.1111/brv.12721>
- O'Donnell, A. J., Cullen, L. E., McCaw, W. L., Boer, M. M., & Grierson, P. F. (2010). Dendroecological potential of *Callitris preissii* for dating historical fires in semi-arid shrublands of southern Western Australia. *Dendrochronologia*, 28(1), 37-48. <https://doi.org/10.1016/j.dendro.2009.01.002>
- O'Donnell, A. J., Boer, M. M., McCaw, W. L., & Grierson, P. F. (2011). Climatic anomalies drive wildfire occurrence and extent in semi-arid shrublands and woodlands of southwest Australia. *Ecosphere*, 2(11), 1-15. <https://doi.org/10.1890/ES11-00189.1>
- Öllerer, K., Varga, A., Kirby, K., Demeter, L., Biró, M., Bölöni, J., & Molnár, Z. (2019). Beyond the obvious impact of domestic livestock grazing on temperate forest vegetation—A global review. *Biological Conservation*, 237, 209-219. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.07.007>
- Olson, D. M., Dinerstein, E., Wikramanayake, E. D., Burgess, N. D., Powell, G. V., Underwood, E. C., ... & Kassem, K. R. (2001). Terrestrial Ecoregions of the World: A New Map of Life on Earth: A new global map of terrestrial ecoregions provides an innovative tool for conserving biodiversity. *BioScience*, 51(11), 933-938. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2001\)051\[0933:TEOTWA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2001)051[0933:TEOTWA]2.0.CO;2)
- Peláez, D. V., Blazquez, F. R., & Andrioli, R. J. (2021). Twenty-five years of fire research in the temperate semi-arid rangelands of central Argentina: a synthesis. *Russian Journal of Ecology*, 52, 49-58. <https://doi.org/10.1134/S1067413621010112>
- Pérez-Cabello, F., Montorio, R., & Alves, D. B. (2021). Remote sensing techniques to assess post-fire vegetation recovery. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 21, 100251. <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2021.100251>
- Poulter, B., Frank, D., Ciais, P., Myneni, RB, Andela, N., Bi, J., ... & van der Werf, GR (2014). Contribuição de ecossistemas semiáridos para a variabilidade interanual do

- ciclo global do carbono. *Nature*, 509 (7502), 600-603. <https://doi.org/10.1038/nature13376>
- Prichard, S. J., Stevens-Rumann, C. S., & Hessburg, P. F. (2017). Tamm Review: Shifting global fire regimes: Lessons from reburns and research needs. *Forest Ecology and Management*, 396, 217-233. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.03.035>
- Pricope, N. G., & Binford, M. W. (2012). A spatio-temporal analysis of fire recurrence and extent for semi-arid savanna ecosystems in southern Africa using moderate-resolution satellite imagery. *Journal of environmental management*, 100, 72-85. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2012.01.024>
- Raiesi, F., & Pejman, M. (2021). Assessment of post-wildfire soil quality and its recovery in semi-arid upland rangelands in Central Iran through selecting the minimum data set and quantitative soil quality index. *Catena*, 201, 105202. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2021.105202>
- Rashid, S., Rehman, S. U., Ashiq, M., & Khattak, A. (2021). A scientometric analysis of forty-three years of research in social support in education (1977–2020). *Education sciences*, 11(4), 149. <https://doi.org/10.3390/educsci11040149>
- Ren, S., Xu, X., Jia, G., Huang, A., & Ma, W. (2024). Coherence of recurring fires and land use change in South America. *Remote Sensing in Ecology and Conservation*. <https://doi.org/10.1002/rse2.390>
- Rumiano, F., Wielgus, E., Miguel, E., Chamaillé-Jammes, S., Valls-Fox, H., Cornélis, D., ... & Tran, A. (2020). Remote sensing of environmental drivers influencing the movement ecology of sympatric wild and domestic ungulates in semi-arid savannas, a review. *Remote Sensing*, 12(19), 3218. <https://doi.org/10.3390/rs12193218>
- Santos, A., P. Godinho, D., Vizinho, A., Alves, F., Pinho, P., Penha-Lopes, G., & Branquinho, C. (2018). Artificial lakes as a climate change adaptation strategy in drylands: evaluating the trade-off on non-target ecosystem services. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 23, 887-906. <https://doi.org/10.1007/s11027-017-9764-x>
- Senande-Rivera, M., Insua-Costa, D., & Miguez-Macho, G. (2022). Spatial and temporal expansion of global wildland fire activity in response to climate change. *Nature Communications*, 13(1), 1208. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-28835-2>
- Scanlon, B. R., Keese, K. E., Flint, A. L., Flint, L. E., Gaye, C. B., Edmunds, W. M., & Simmers, I. (2006). Global synthesis of groundwater recharge in semiarid and arid regions. *Hydrological Processes: An International Journal*, 20(15), 3335-3370. <https://doi.org/10.1002/hyp.6335>
- Schaer-Barbosa, M., Santos, M. E. P. D., & Medeiros, Y. D. P. (2014). Viabilidade do reúso de água como elemento mitigador dos efeitos da seca no semiárido da Bahia. *Ambiente & Sociedade*, 17, 17-32. <https://doi.org/10.1590/S1414-753X2014000200003>
- Scheintaub, M. R., Derner, J. D., Kelly, E. F., & Knapp, A. K. (2009). Response of the shortgrass steppe plant community to fire. *Journal of Arid Environments*, 73(12), 1136-1143. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2009.05.011>
- Silva, A. C. D., Juvanhil, R. S., & Miranda, J. D. R. (2023). Variabilidade espaço-temporal de ocorrência e recorrência de fogo no Bioma Caatinga usando dados do sensor MODIS. *Ciência Florestal*, 33, e70195. <https://doi.org/10.5902/1980509870195>
- Silva, C. F. A., Dos Santos, A. M., de Melo, S. N., Rudke, A. P., & de Almeida Junior, P. M. (2023). Spatial modelling of deforestation-related factors in the Brazilian semi-arid biome. *International Journal of Environmental Studies*, 80(4), 1021-1040. <https://doi.org/10.1080/00207233.2022.2099109>
- Silva Junior, J. A. D., & Pacheco, A. D. P. (2021). Avaliação de incêndio em ambiente de Caatinga a partir de imagens Landsat-8, índice de vegetação realçado e análise por componentes principais. *Ciência Florestal*, 31, 417-439.
- Slingsby, J. A., Moncrieff, G. R., & Wilson, A. M. (2020). Near-real time forecasting and change detection for an open ecosystem with complex natural dynamics. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 166, 15-25. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2020.05.017>
- Smith, A. M., Wooster, M. J., Drake, N. A., Dipotso, F. M., Falkowski, M. J., & Hudak, A. T. (2005). Testing the potential of multi-spectral remote sensing for retrospectively estimating fire severity in African Savannahs. *Remote sensing of environment*, 97(1), 92-

- 115..
<https://doi.org/10.1016/j.rse.2005.04.014>
- Souza, A. C. N., De Souza, S. D. G., & De Sousa, M. L. M. (2023). Sistemas de indicadores de desertificação no Semiárido brasileiro: uma revisão sistemática integrativa da literatura. *Geografares*, 3(36), 59-77..
<https://doi.org/10.47456/geo.v3i36.38982>
- Szapkowski, D. M., & Jensen, J. L. (2019). A review of the applications of remote sensing in fire ecology. *Remote sensing*, 11(22), 2638.
- Swetnam, T. W., Farella, J., Roos, C. I., Liebmann, M. J., Falk, D. A., & Allen, C. D. (2016). Multiscale perspectives of fire, climate and humans in western North America and the Jemez Mountains, USA. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 371(1696), 20150168.
<https://doi.org/10.1098/rstb.2015.0168>
- Tong, S. T., Wan, S., & Gao, Y. (2022). Factors contributory to fire occurrences in two populated areas in the American southwest. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 33(3), 605-624.<https://doi.org/10.1108/MEQ-08-2021-0188>
- Turner, D., Ostendorf, B., & Lewis, M. (2008). An introduction to patterns of fire in arid and semi-arid Australia, 1998–2004. *The Rangeland Journal*, 30(1), 95-107.
<https://doi.org/10.1071/RJ07039>
- Turner, D., Lewis, M., & Ostendorf, B. (2011). Spatial indicators of fire risk in the arid and semi-arid zone of Australia. *Ecological Indicators*, 11(1), 149-167..
<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2009.09.001>
- Urza, A. K., Weisberg, P. J., & Dilts, T. (2020). Evidence of widespread topoclimatic limitation for lower treelines of the Intermountain West, United States. *Ecological Applications*, 30(7), e02158..
<https://doi.org/10.1002/eap.2158>
- United States Geological Survey (2024). Disponível em: <https://www.usgs.gov/>. Acesso em: janeiro de 2024.
- Van den Hoof, C., Verstraete, M., & Scholes, R. J. (2018). Differing responses to rainfall suggest more than one functional type of grassland in South Africa. *Remote Sensing*, 10(12), 2055.2018. <https://doi.org/10.3390/rs10122055>
- Van Etten, E. J., Davis, R. A., & Doherty, T. S. (2021). Fire in semi-arid shrublands and woodlands: Spatial and temporal patterns in an Australian landscape. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 9, 653870.
<https://doi.org/10.3389/fevo.2021.653870>
- Van Wilgen, B. W., Govender, N., & Biggs, H. C. (2007). The contribution of fire research to fire management: a critical review of a long-term experiment in the Kruger National Park, South Africa. *International Journal of Wildland Fire*, 16(5), 519-530.
<https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2013.04.017>
- Vázquez, A., Pérez, B., Fernández-González, F., & Moreno, J. M. (2002). Recent fire regime characteristics and potential natural vegetation relationships in Spain. *Journal of Vegetation Science*, 13(5), 663-676.<https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2002.tb02094.x>
- Vieira, R. D. S. P., Tomasella, J., Alvalá, R. C. S., Sestini, M. F., Affonso, A. G., Rodriguez, D. A., ... & Santana, M. O. (2015). Identifying areas susceptible to desertification in the Brazilian northeast. *Solid Earth*, 6(1), 347-360..
<https://doi.org/10.5194/se-6-347-2015>
- Wagner, G., Lukyanenko, R., & Paré, G. (2022). Artificial intelligence and the conduct of literature reviews. *Journal of Information Technology*, 37(2), 209-226.<https://doi.org/10.1177/02683962211048201>
- Weisberg, P. J., Ko, D., Py, C., & Bauer, J. M. (2008). Modeling fire and landform influences on the distribution of old-growth pinyon-juniper woodland. *Landscape Ecology*, 23, 931-943..
<https://doi.org/10.1007/s10980-008-9249-0>
- Wells, A. G., Munson, S. M., Sesnie, S. E., & Villarreal, M. L. (2021). Remotely sensed fine-fuel changes from wildfire and prescribed fire in a semi-arid grassland. *Fire*, 4(4), 84.
<https://doi.org/10.3390/fire4040084>
- Whelan, R. J. (2009). The ecology of fire-developments since 1995 and outstanding questions. *Proceedings of the Royal Society of Queensland*, The, 115, 59-68.
<https://search.informit.org/doi/10.3316/ielapa.590876819372935>
- Withey, K., Berenguer, E., Palmeira, A. F., Espírito-Santo, F. D., Lennox, G. D., Silva, C. V., ... & Barlow, J. (2018). Quantifying immediate carbon emissions from El Niño-mediated wildfires in humid tropical forests. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 373(1760), 20170312.<https://doi.org/10.1098/rstb.2017.0312>
- Wittkuhn, R. S., Hamilton, T., & McCaw, L. (2009). Fire interval sequences to aid in site selection for biodiversity studies: mapping the fire regime. *Proceedings of the Royal Society*

- of *Queensland, The*, 115, 101-110.
<https://search.informit.org/doi/10.3316/ielapa.591454441481939>
- White, J. D., Gutzwiller, K. J., Barrow, W. C., Randall, L. J., & Swint, P. (2008). Modeling mechanisms of vegetation change due to fire in a semi-arid ecosystem. *ecological modelling*, 214(2-4), 181-200.<https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2008.02.032>
- Wulder, M. A., Roy, D. P., Radeloff, V. C., Loveland, T. R., Anderson, M. C., Johnson, D. M., ... & Cook, B. D. (2022). Fifty years of Landsat science and impacts. *Remote Sensing of Environment*, 280, 113195. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2022.113195>
- Yadav, S. S., & Lal, R. (2018). Vulnerability of women to climate change in arid and semi-arid regions: The case of India and South Asia. *Journal of Arid Environments*, 149, 4-17.<https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2017.08.001>
- Yang, Y., Fang, J., Ma, W., Guo, D., & Mohammad, A. (2010). Large-scale pattern of biomass partitioning across China's grasslands. *Global Ecology and Biogeography*, 19(2), 268-277. <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2009.00502.x>
- Yin, Y., Liu, H., & Hao, Q. (2016). The role of fire in the late Holocene forest decline in semi-arid North China. *The Holocene*, 26(1), 93-101.. <https://doi.org/10.1177/09596836155968>