

## **RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS SOBRE O BIOMA CAATINGA: UMA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA**

João Paulo Silva **Gomes**<sup>1</sup>, Valdenildo Pedro **da Silva**<sup>2</sup>

(1 – Instituto Federal do Rio Grande do Norte, <https://orcid.org/0000-0003-1319-3633>, [gomes.paulo1@ifrn.edu.br](mailto:gomes.paulo1@ifrn.edu.br); 2 – Instituto Federal do Rio Grande do Norte, <https://orcid.org/0000-0002-9897-0026>, [valdenildo.silva@ifrn.edu.br](mailto:valdenildo.silva@ifrn.edu.br))

**Resumo:** A Caatinga é um bioma exclusivamente brasileiro, caracterizado por sua vegetação xerófila e rica em biodiversidade, que tem sofrido diversos processos de degradação ambiental. Os estudos sobre como recuperar as áreas degradadas, porém, são escassos. Este artigo teve como objetivo analisar as produções científicas por meio de estudo bibliométrico sobre recuperação de áreas degradadas no bioma Caatinga. Trata-se de uma pesquisa descritiva transversal, para a qual foi utilizada a base *Scopus* para selecionar artigos de periódicos relacionados ao tema do estudo, considerando o período de janeiro de 2002 a novembro de 2022. A análise bibliométrica contou com o auxílio do *software VOSviewer* versão 1.6.19. Em relação aos resultados, foram identificados 10 *clusters* decorrentes das informações dos 23 artigos que abordaram sobre métodos e técnicas de recuperação de áreas degradadas no bioma da Caatinga. Os estudos mostram que o uso de técnicas em projetos de restauração pode evitar a expansão do desmatamento e dos processos de desertificação. De toda forma, o estudo oferece uma primeira reflexão sobre o atual cenário de pesquisas que envolve a recuperação de áreas degradadas na Caatinga e pode contribuir para orientar pesquisas futuras, voltadas para a manutenção da biodiversidade e, por conseguinte, para a sustentabilidade desse bioma.

**Palavras-chave:** recuperação ambiental; gestão ambiental; bibliometria.

### **RECOVERY OF DEGRADED AREAS IN THE CAATINGA BIOME: A BIBLIOMETRIC ANALYSIS**

**Abstract:** The Caatinga is a biome exclusive to Brazil, characterized by xerophytic vegetation and rich in biodiversity. The latter has undergone several processes of environmental degradation. However, studies on recovering degraded areas are scarce. This article aims at

analyzing scientific research through a bibliometric study on recovering degraded areas in the Caatinga biome. This is cross-sectional descriptive research using the Scopus database to select papers related to the studied subject, from January 2002 to November 2022. The bibliometric analysis was performed with the VOSviewer software version 1.6.19. Regarding the results, ten clusters resulting from information from the 23 articles identified addressing methods and techniques for recovering degraded areas in the Caatinga biome. Studies show that some techniques from restoration projects may prevent the expansion of deforestation and desertification processes. In any case, this study offers a primary reflection on the current research scenario regarding the recovery of degraded areas in the Caatinga and may also contribute to guiding future research, aimed at maintaining biodiversity and, therefore, the sustainability of this biome.

**Keywords:** environmental recovery; environmental management; bibliometric.

## RÉCUPÉRATION DES ZONES DÉGRADÉES DANS LE BIOME DE LA CAATINGA: UNE ANALYSE BIBLIOMETRIQUE

**Résumé:** La Caatinga est un biome exclusivement brésilien, caractérisé par sa végétation xérophile et sa riche biodiversité, qui a subi divers processus de dégradation environnementale. Cependant, les études sur la manière de récupérer les zones dégradées sont rares. L'objectif de cet article était d'analyser la production scientifique au moyen d'une étude bibliométrique sur la récupération des zones dégradées dans le biome de la Caatinga. Il s'agit d'une étude descriptive transversale, qui a utilisé la base de données Scopus pour sélectionner des articles dans des revues en rapport avec le sujet de l'étude, sur une période allant de janvier 2002 à novembre 2022. L'analyse bibliométrique a été réalisée à l'aide du logiciel VOSviewer version 1.6.19. Les résultats ont montré que 10 groupes ont été identifiés à partir des informations contenues dans les 23 articles sur les méthodes et techniques de récupération des zones dégradées dans le biome de la Caatinga. Les études montrent que l'utilisation de techniques dans les projets de restauration peut empêcher l'expansion des processus de déforestation et de désertification. Dans tous les cas, l'étude offre une première réflexion sur le scénario de recherche actuel concernant la récupération des zones dégradées dans la Caatinga et peut aider à orienter les recherches futures visant à maintenir la biodiversité et, par conséquent, la durabilité de ce biome.

**Mots clés:** récupération environnementale; gestion de environnementale; bibliométrix.

## Introdução

As perturbações perigosas na natureza e as mudanças climáticas causadas pelas ações humanas estão impactando a vida de grande parte da população mundial, bem como causando alterações nocivas ao meio ambiente, mesmo com diversos esforços para minimizar os danos ambientais, como desertificação, destruição de habitats, extinção de espécies da fauna e da flora, entre outros. Por outro lado, as pessoas menos aptas a lidarem com essa problemática, assim como os ecossistemas, acabam sendo os mais impactados pelas ações humanas sobre o mundo natural, conforme a advertência dada por inúmeros cientistas do mundo à humanidade, por meio de um segundo aviso sobre a situação degradante do planeta (Ripple *et al.*, 2017) e a última publicação do relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2022).

No relatório especial sobre Alterações Climáticas do IPCC, de 2022, o terceiro capítulo destaca os desertos, áreas semiáridas e desertificação, e a América do Sul aparece como um ambiente continental de maiores alterações ecológicas em suas terras secas (IPCC, 2022). Nesse recorte espacial, o Nordeste seco brasileiro, como denominava Ab'Sáber (1999), constitui a área fitogeográfica das caatingas (termo de origem indígena que significa matas claras e abertas), onde predominam temperaturas anuais elevadas e constantes. A região Nordeste corresponde a 18% do território brasileiro, com predominância do bioma Caatinga<sup>1</sup> – ou o complexo de fitofisionomias, de formações, ou de uma unidade biológica de caatingas, como afirmou Coutinho (2006) –, com cerca de 862.818 mil km<sup>2</sup> de extensão, apresentando características edafoclimáticas de áreas semiáridas e de vegetação xerófila (caatingas), apropriadas às condições singulares das regiões secas ou de semiaridez (IBGE, 2004; Santos, 2021).

Em razão da intensa exploração recursos naturais e do uso inadequado do solo, a Caatinga se tornou um dos biomas mais degradados do país: estima-se que a Caatinga já perdeu metade de sua cobertura original (Antongiovanni *et al.*, 2020), e a desertificação é tida como um problema global e com sérias implicações para a biodiversidade, estabilidade socioeconômica e desenvolvimento, em que o processo de desertificação é iniciado após uma área apresentar elevado grau de degradação, oriundo das condições climáticas associadas às atividades humanas (Oliveira *et al.*, 2021).

---

<sup>1</sup> Formado por áreas dos estados de Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte, Piauí, Sergipe e o norte de Minas Gerais, onde residem aproximadamente de 27 milhões de pessoas, na sua maioria carente e dependente dos recursos do bioma para sobreviverem (BRASIL, 2022).

Apesar de ser um bioma exclusivamente brasileiro (Bezerra *et al.*, 2014), rico em biodiversidade<sup>2</sup>, ainda existe escassez de informações sistemáticas sobre como recuperar a fauna e flora. À medida que a situação se agrava devido à ação antrópica degradadora, trazendo consequências diretas do uso irracional dos recursos naturais, torna-se importante o desenvolvimento pesquisas básica ou aplicada para diagnosticar os ambientes mais vulneráveis e degradados da Caatinga e as melhores práticas de soluções ambientais e de sustentabilidade para esse bioma (Agra; Pina, 2020; Araújo; Fernandes; Queiroz, 2018; Nascimento *et al.*, 2015; Silva *et al.*, 2021; Sousa, 2011).

Uma das formas de recuperar as áreas degradadas da Caatinga é por meio da intervenção humana, utilizando o reflorestamento com espécies nativas lenhosas pioneiras que aparecem com mais frequência nesse bioma (Ganem, 2017). Essa, entre outras soluções, pode ajudar a combater a desertificação, que é um dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS 15), que representam um plano de ação global para eliminar a pobreza extrema e a fome, oferecer educação de qualidade ao longo da vida para todos, proteger o planeta e promover sociedades pacíficas e inclusivas até 2030. O item 15.3 deste ODS estabelece até 2030, combater a desertificação, restaurar a terra e o solo degradado, para que os recursos naturais se encontrem em um nível suficiente para a manutenção das funções ecossistêmicas e da segurança alimentar das populações, em diferentes escalas temporais e espaciais (UNCCD, 2019). Dessa maneira, objetiva-se mitigar a desertificação, restaurando a terra e o solo degradado, além de lutar para alcançar resultados positivos em termos de degradação do solo, abrangendo áreas acometidas pela desertificação (ONU, 2015).

No Nordeste brasileiro, as pesquisas sobre recuperação de áreas degradadas (RAD) e desertificação no bioma da Caatinga têm evoluído em suas metodologias e técnicas, com levantamentos florísticos e fitossociológicos, realizados no entorno das áreas, são de fundamental importância no processo de recuperação, pois a utilização de espécies nativas contribui diretamente para que o processo de recuperação se aproxime ao máximo do estágio anterior à degradação (Neri *et al.*, 2011).

Além disso, o uso de dados fenológicos pode auxiliar em ações de reflorestamento, reduzindo custo e otimizando a execução das atividades, por meio do entendimento das interações entre as espécies vegetais e no desenvolvimento de calendários de produção de

---

<sup>2</sup> Possui cerca de 4.963 espécies de plantas, das quais 827 espécies (17% do total de espécies que se encontram no bioma) são conhecidas o estado de conservação e 30,1% destas encontram-se sob alguma categoria de ameaça de extinção (JARDIM Botânico do Rio de Janeiro, 2021).

mudas nativas a serem utilizadas em planos de recuperação de áreas degradadas (Silva; Lucena, 2023).

Baseando-se nessa contextualização, este estudo objetivou a analisar as produções científicas por meio de um estudo bibliométrico sobre recuperação de áreas degradadas sobre o bioma Caatinga.

## Metodologia

Este estudo foi desenvolvido a partir de uma revisão bibliométrica, que consiste na aplicação de ferramentas quantitativas para estudar os avanços da ciência e apontar autores, periódicos, regiões, instituição de ensino mais influentes, entre outros parâmetros sobre determinado tema (Kaffash; Nguyen; Zhu, 2021; Silva *et al.*, 2020).

Para a consecução da bibliometria, foi realizada análise das principais publicações associadas à temática recuperação de áreas degradadas no âmbito do bioma Caatinga, publicadas entre 2002 e 2022 e buscadas no banco de dados *Scopus* (Sweileh, 2021). Esse período foi utilizado visando o resgate do maior número de trabalhos que abordassem o tema do estudo. A base científica *Scopus* é reconhecida internacionalmente e foi escolhida por ser o maior banco de dados da literatura, abranger pesquisas multidisciplinares e de qualidade, publicadas pela comunidade acadêmica global (Dardas *et al.*, 2018; Elsevier, 2020), bem como por incluir a maior quantidade de periódicos indexada do que a *Web of Science* (Falagas *et al.*, 2008). A partir dessa escolha, como pontuam Chueke e Amatucci (2015), foi possível desenvolver este estudo bibliométrico que objetivou, sobretudo, explorar as contribuições científicas de uma determinada área do conhecimento, apresentando as redes de pesquisadores e suas fundamentações teóricas.

Em uma análise bibliométrica, na perspectiva de Sajovic e Podgornik (2022), o passo mais importante é a identificação das palavras-chave que proporcionam o alcance de um maior número de artigos, em que, após o processamento dos dados, uma rede de trabalho é criada, usando diferentes unidades de análise, tais como documentos, fontes, autores, citações, autores e termos mais citados, e as relações existentes, principalmente. Essas relações, na perspectiva de Gao *et al.* (2020), permitem ao pesquisador uma análise complexa das produções científicas, suas citações e palavras-chave, por meio da visualização e mapeamento dos resultados obtidos.

A pesquisa abrangente da produção científica foi realizada em 30 de novembro de 2022, quando foram definidos como critérios de inclusão da revisão da literatura: i) considerar somente artigos científicos publicados em periódicos indexados no período de 2002 a 2022; ii)

não ser artigo de revisão de literatura; iii) abordar o tema de estudo nas línguas portuguesa e inglesa; iv) ser disponibilizado na íntegra nas páginas *on-line* dos periódicos. O comando adotado "Title-Abs-Key ("Caatinga" or "Dry forest") and Title-Abs-Key ("Degraded areas" or "Recovery of Degraded Areas" or "Rehabilitation of degraded lands" or "Restoration of degraded forests" or "Rehabilitation of degraded areas" or "Land rehabilitation") foi utilizado para obter o maior número de documentos e, conseqüentemente, um banco de informações mais completo. Os documentos encontrados passaram pelo processo de triagem, visando excluir os artigos que não se enquadravam no eixo temático da pesquisa em questão e que não estavam disponíveis na íntegra nas páginas dos periódicos.

Após a triagem, foram obtidas as seguintes informações dos artigos selecionados: i) títulos; ii) autores; iii) anos de publicação; iv) palavras-chave; v) países de publicação; vi) centros de pesquisas; e vii) recomendações para pesquisas futuras.

As informações coletadas foram analisadas utilizando o *software VOSviewer* versão 1.6.19, que possibilitou a construção e a visualização de redes bibliométricas (Eck; Waltman, 2023; Nobanee *et al.*, 2021). Ressalta-se, ainda, que o *VOSviewer* foi escolhido por ser um *software* gratuito útil ao mapeamento bibliométrico, o qual fornece uma série de recursos avançados para a criação de redes e mapeamentos de produções científicas. As redes, por exemplo, incluíram as principais publicações, pesquisadores, citações, fator de impacto e acoplamento bibliográfico.

A rede de interação entre os autores, que mais pesquisaram sobre recuperação de áreas degradadas sobre o bioma caatinga, e as palavras-chave, presentes nos documentos e utilizadas para indexação na plataforma de divulgação científica, foram analisadas por meio da utilização do *VOSviewer*. Por outro lado, a elaboração do mapa mundial, indicando as regiões que mais publicaram estudos científicos sobre o tema, foi confeccionado usando a função *biblioshiny*, do pacote *bibliometrix* do *software R Core Team* (2021). Essa tecnologia de código aberto e flexível, programado em R, foi útil para análise abrangente do mapeamento deste estudo bibliométrico.

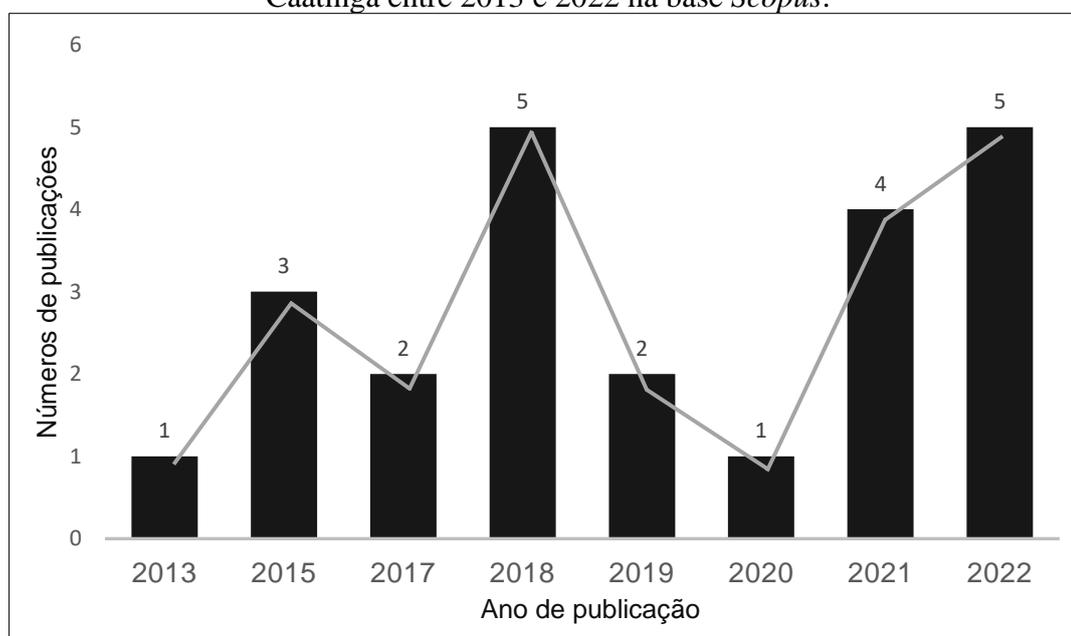
## **Resultados e discussão**

Na busca realizada na *Scopus*, foram quantificados 84 documentos publicados entre janeiro de 2002 a 30 de novembro de 2022. Do total encontrado, apenas 23 artigos científicos publicados entre os anos de 2013 e 2022 foram inclusos na análise bibliométrica, os quais apresentaram os temas mais significativos no que tange à recuperação de áreas degradadas e à

desertificação da Caatinga. As demais publicações estavam divididas entre artigos de revisão e trabalhos que não se enquadravam nos critérios de inclusão.

Os estudos revelaram um baixo número de publicações face à pouca quantidade de publicações de artigos qualificados. Ademais, mostraram que a dinâmica de perda de cobertura em áreas naturais, nas últimas duas décadas, não é um fato isolado e, sim, um fenômeno observado em nível mundial. Porém, a preocupação se tornou maior quando correlacionado aos fatores climáticos, que aceleraram e até mesmo potencializaram o processo de degradação dos biomas, como é o caso da Caatinga (Fernandes *et al.*, 2021). Na Figura 1 é possível observar a variação de artigos publicados por ano, relacionados ao tema deste estudo.

**Figura 1:** Quantidade de publicações sobre recuperação de áreas degradadas no bioma Caatinga entre 2013 e 2022 na base *Scopus*.



Elaboração: Autores

Os resultados apresentam que o número de publicação variou entre um a cinco artigos, entre 2013 e 2022. Os anos de 2018 e 2022 destacam-se como os anos mais produtivos, com cinco publicações cada, e 2013 e 2020, os menos produtivos, com uma única publicação.

O baixo número de publicações permite entender que, mesmo com os crescentes impactos no bioma Caatinga – os quais potencializam o processo de desertificação –, a recuperação ainda é pouco difundida. Dessa forma, é possível dizer que, mesmo com a importância que tem nos dias atuais, o tema discutido ainda é pouco explorado no meio científico.

Devido à importância e à discussão necessária sobre o assunto, aliado ao Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 15 da Agenda 2030 da ONU, Ganem *et al.* (2020) afirmaram que a conservação dos recursos naturais do bioma Caatinga é um assunto urgente, especialmente considerando a influência que a degradação e a perda da cobertura vegetal e dos habitats naturais têm na intensificação das secas e no agravamento das mudanças climáticas.

Ao todo, 20 periódicos já publicaram sobre a temática em pauta, abrangendo diferentes áreas do conhecimento, como Ciências Exatas e da Terra, Engenharias e Ciências Agrárias. Na Tabela 1, é possível observar os periódicos de maior qualificação por meio do fator de impacto, métrica bibliométrica que evidencia a média de citações das publicações, e pela quantidade de artigos publicada por periódico.

**Tabela 1:** Relação dos maiores fatores de impacto e a quantidade de artigos publicados por periódico em relação ao tema recuperação de áreas degradadas do bioma Caatinga.

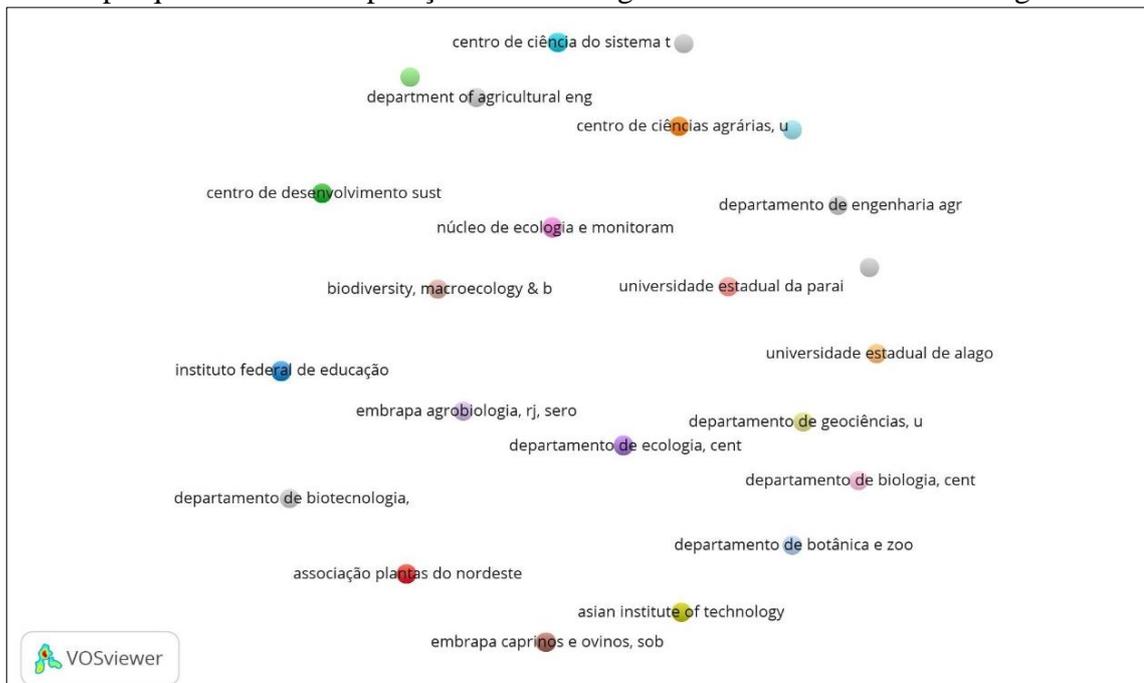
Periódico	Fator de Impacto	Quantidade de Artigos
International Journal of Applied Earth Observation And Geoinformation	7,67	1
Conservation Biology	7,56	1
Journal of Applied Ecology	6,86	1
Land use Policy	6,18	1
Restoration Ecology	4,18	1
Journal of Arid Environments	2,75	2
Pedobiologia	2,12	1
Revista Brasileira de Ciência do Solo	1,56	1
Revista Caatinga	0,88	2
Revista Árvore	0,79	2
Revista Ciência Agronômica	0,76	1
Ciência Florestal	0,63	1
Bio-Geotechnologies for Mine Site Rehabilitation	-	1
Ethnobiology and Conservation	-	1
Floresta e Ambiente	-	1
Genetics and Molecular Research	-	1
Ra'e ga - O Espaço Geográfico em Análise	-	1
Revista Brasileira de Meteorologia	-	1
Revista Ceres	-	1
Scientia Forestalis/Forest Sciences	-	1

Fonte: JCR - *Impact Factor* (2022).

A revisão indicou que o eixo central dos artigos estudados foi nos resultados das técnicas de recuperação de áreas degradadas e a forma como o processo de desertificação na Caatinga pode ser retardado. As preocupações em torno da desertificação no semiárido se tornam mais relevantes quando associadas aos recorrentes eventos de seca que o acometem, segundo Vieira *et al.* (2018). Portanto, o índice de degradação vegetal ao longo dos anos aumenta à medida que o uso do solo é deteriorado, sem que haja medidas de recuperação dessas áreas; conseqüentemente, a área é levada ao início do processo de desertificação (Tomasella *et al.*, 2018).

As redes de interações apresentam as colaborações científicas realizadas nas publicações, que ocorrem quando há associação de dois ou mais autores na produção de uma pesquisa, criando-se uma rede social de autores que cooperam no desenvolvimento científico de um determinado tema (Toledo; Domingues, 2018). O mapeamento das redes sustenta-se em círculos (nós), linhas (arestas) e *clusters*. Ao mapear as redes de coautoria (Figura 2), considerando autores com pelo menos um artigo na amostra, foi gerada uma rede composta por 85 instituições, sendo possível observar que a grande maioria atuou de forma isolada no desenvolvimento de suas pesquisas.

**Figura 2:** Rede de interação entre os principais departamentos e instituições envolvidos em pesquisas sobre recuperação de áreas degradadas sobre o bioma Caatinga.

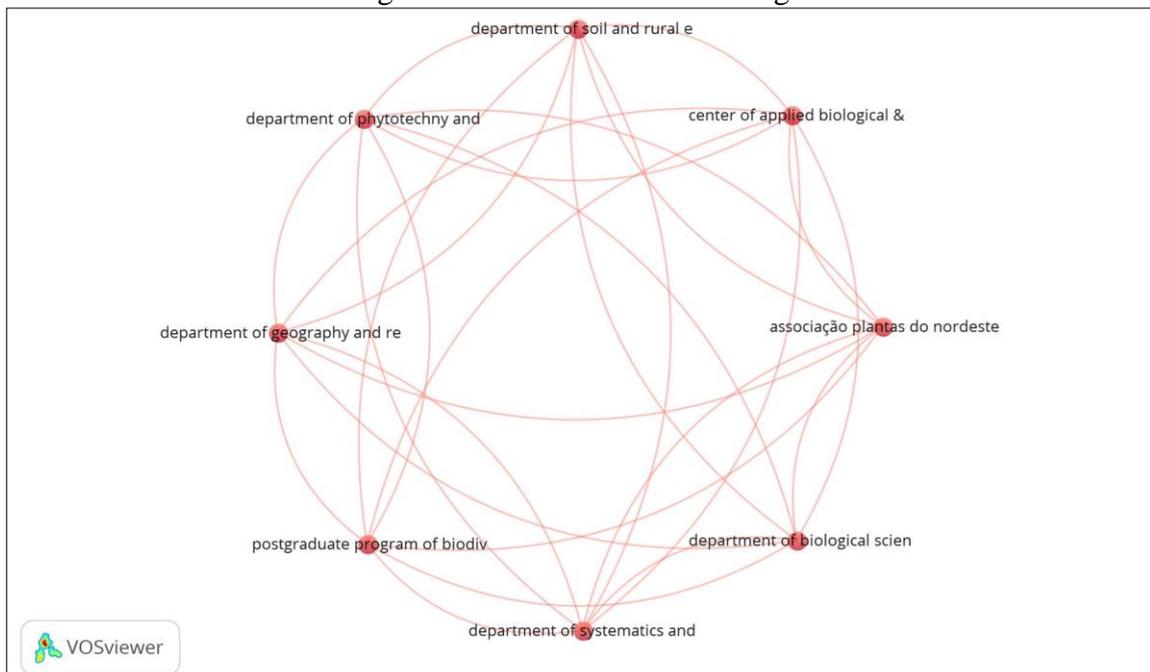


Fonte: VOSviewer (2022).

Vale ressaltar a importância dessas pesquisas envolvendo a recuperação de áreas degradadas e a desertificação na Caatinga, tomando como base a perspectiva da sustentabilidade, por intermédio de práticas e compromissos com o desenvolvimento socioambiental, promoção do uso sustentável dos ecossistemas terrestres e práticas de recuperação e combate ao desmatamento ilegal. Tal princípio corrobora, novamente, com as metas do ODS 15 (ONU, 2015), com ênfase na meta de alcançar, até 2030, o progresso na gestão florestal sustentável.

Com o mapeamento das redes de coautoria, verificou-se a existência de oito centros ou departamentos de pesquisas estruturados em um único *cluster*, responsáveis pelo desenvolvimento de trabalhos voltados no eixo temático recuperação de áreas degradadas sobre o bioma Caatinga. (Figura 3). Quanto ao acoplamento bibliográfico, verificou-se a homogeneidade dos grupos de pesquisa, com destaque para pesquisadores associados a instituições do Nordeste do Brasil, tendo em vista o enfoque da pesquisa, o bioma Caatinga.

**Figura 3:** Principais departamentos envolvidos em pesquisas sobre recuperação de áreas degradadas sobre o bioma Caatinga.



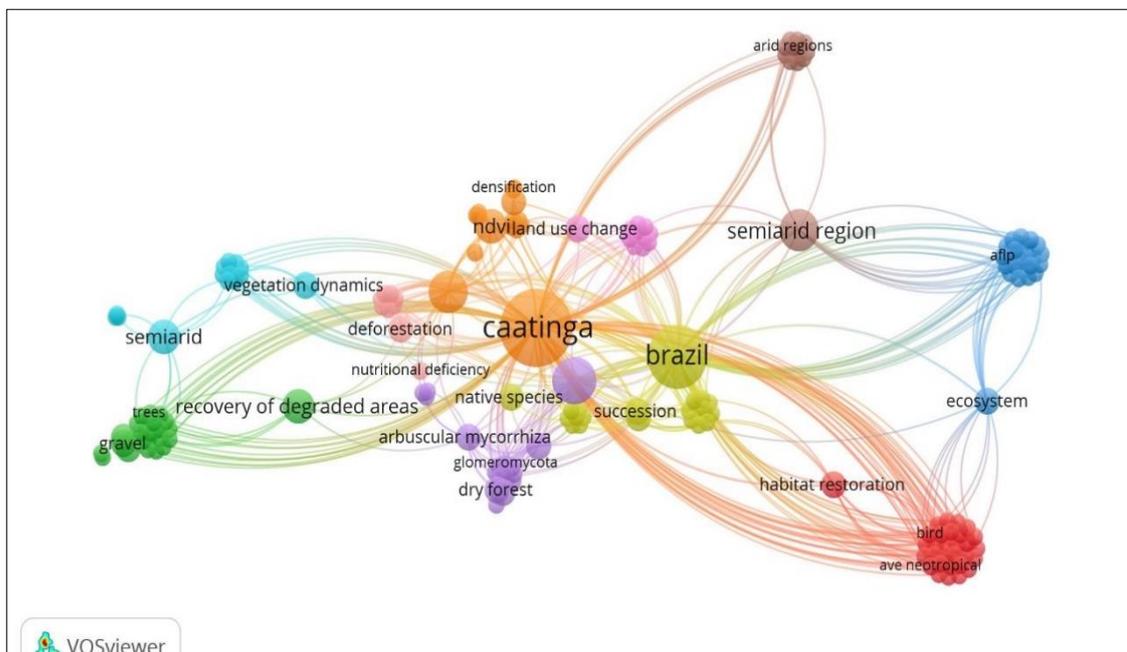
Fonte: *VOSviewer*, 2022.

A análise da frequência das palavras forneceu a base para a descrição do domínio de pesquisa. Foram identificadas 198 palavras-chave utilizadas para indexação nos bancos de dados e presentes nos artigos, das quais 17 tiveram pelo menos duas ocorrências (Figura 4). O tamanho dos círculos retrata a importância do sujeito e as linhas representam a ligação entre

eles. Por sua vez, a cor de cada círculo caracterizado como *cluster* e a espessura das bordas das linhas corresponde à frequência com que os assuntos aparecem juntos (Silva; Ablanedo-Rosas; Rossetto, 2018).

A primeira palavra sugere pesquisas que abordam o bioma Caatinga, sua biodiversidade e o histórico de degradação. A segunda palavra é Brasil, pelo fato de o bioma pertencer exclusivamente ao país. Por sua vez, a terceira palavra de pesquisa compreende a ecologia da restauração, destacando as diferentes técnicas e metodologias aplicadas na intenção de recuperar ou frear o avanço das áreas em processo de desertificação.

**Figura 4:** Ocorrência das principais palavras-chave sobre recuperação de áreas degradadas do bioma Caatinga.



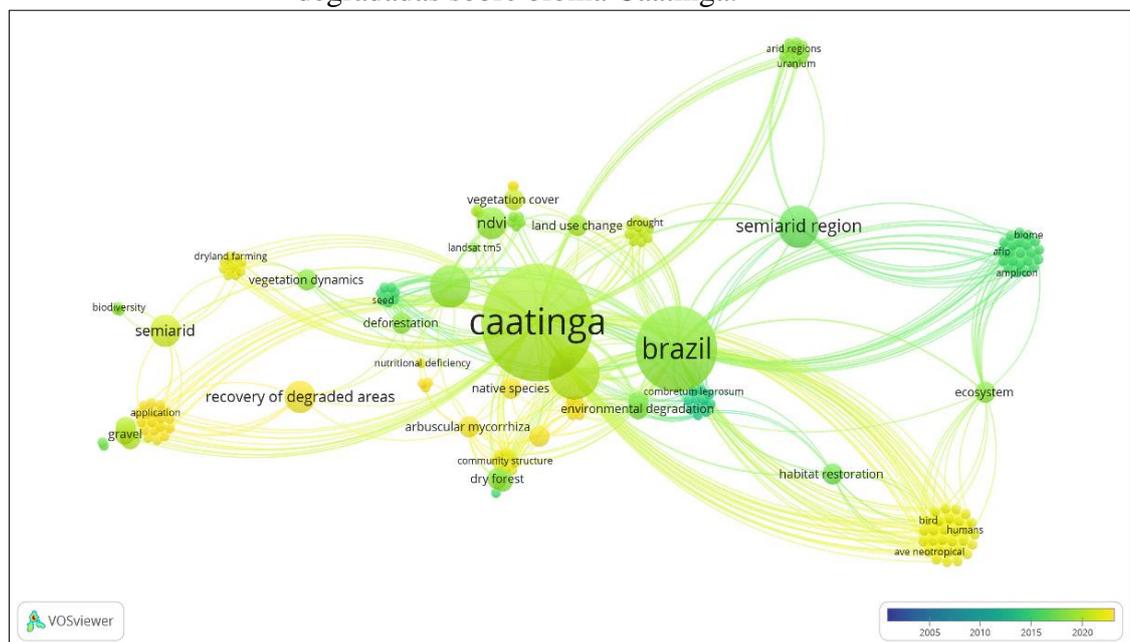
Fonte: VOSviewer (2022).

A estrutura conceitual é frequentemente usada para entender os tópicos abordados pelos estudiosos (a chamada frente de pesquisa) e identifica quais são os assuntos mais importantes e os mais recentes. Nesta análise, as inter-relações das palavras mais frequentes ao longo do tempo resultou em dez *clusters* (aglomerados) observados de acordo com um conjunto de cores. A Figura 4, apresenta a ocorrência das principais palavras-chave sobre recuperação de áreas degradadas do bioma Caatinga, evidenciando os termos mais frequentes nos artigos analisados, com o tamanho dos círculos e das palavras variando de acordo com o número de vezes que foram usados, e sua frequência de coocorrência representada pelas linhas. As cores mostram o surgimento dos *clusters*, com o *cluster* laranja representando o eixo central deste trabalho. Esse

*cluster* inclui termos como Caatinga, densidade e indivíduos florestais. O *cluster* vermelho está constituído por palavras como reflorestamento dos habitats, aves e aves neotropical. Quanto ao *cluster* azul, houve uma concentração de termos como ecossistema e Polimorfismo de comprimento de fragmento amplificado. O *cluster* amarelo é composto por termos como Brasil, espécies nativas e sucessão vegetal, como mostrou a Figura 4.

Na Figura 5, tem-se uma rede de coocorrência ou mapeamento por ano das palavras-chave mais citadas por cada publicação, usando o *software* VOSviewer e as palavras com pelo menos a frequência de 01 citação. Em relação à análise das palavras-chave, “Caatinga” (11) é a mais citada, seguida de Brasil (08), país onde se encontra o único e exclusivo bioma do mundo, construído de plantas xerófilas e escassez hídrica. Outras palavras como “ecologia da restauração” (05) e “região semiárida” (04) estão entre os termos mais evidentes nos últimos anos, outras palavras como “semiárido”, “restauração de habitat” e “ecossistema” se destacaram entre as mais frequentes.

**Figura 5:** Rede de coocorrência das palavras-chave acerca de recuperação de áreas degradadas sobre bioma Caatinga.



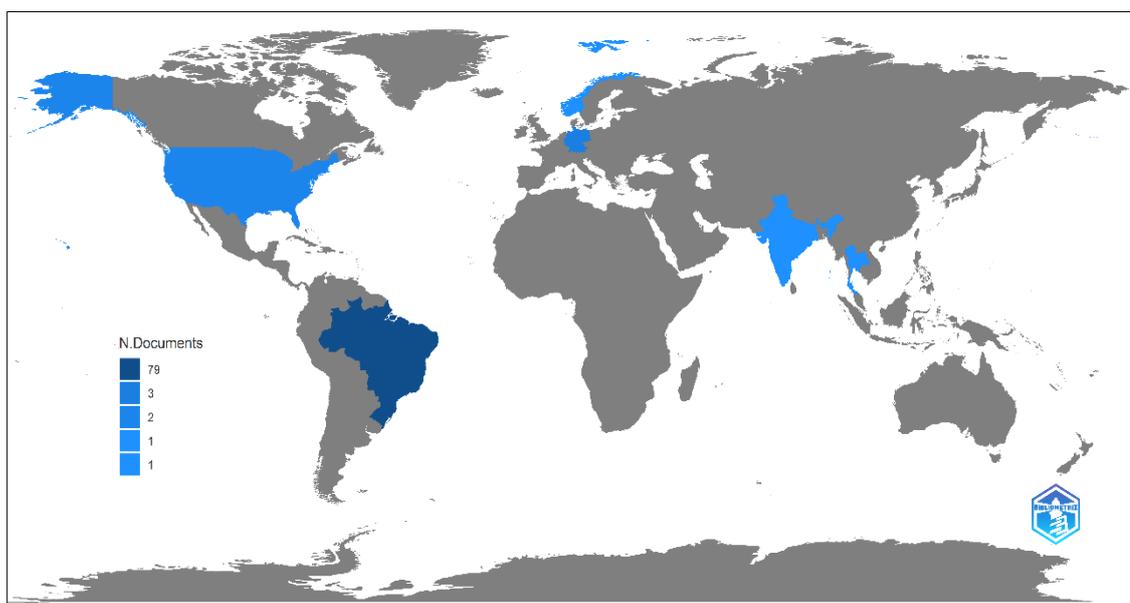
Fonte: VOSviewer (2022).

A partir das palavras-chave, é possível afirmar que a maioria das pesquisas está relacionada com a aplicação de técnicas de recuperação de áreas degradadas no semiárido, no que diz respeito ao manejo da cobertura vegetal, e também à compreensão do papel que as espécies vegetais desempenham no ecossistema e em programas de restauração, principalmente em áreas onde a intensificação do uso da terra combinada com secas críticas resultaram em

desertificação (Araújo *et al.*, 2021; Franco *et al.*, 2021; Samara *et al.*, 2022; Teixeira *et al.*, 2020).

Na Figura 6, é possível observar a participação dos países em artigos publicados sobre a temática em estudo, levando em consideração o número de autores e documentos publicados por eles. Pelo motivo do bioma Caatinga estar inserido quase inteiramente no semiárido brasileiro (Bezerra *et al.*, 2014), justifica-se a concentração de estudos desenvolvidos no Brasil, onde 79 autores contribuíram para as publicações do total de 23 artigos sobre recuperação de áreas degradadas da região. Ao todo, foram identificados cinco países que já desenvolveram colaborações científicas com o tema em estudo. As parcerias com pesquisadores e instituições de outros países mostram a preocupação em nível internacional para a proteção do bioma Caatinga, visando o desenvolvimento de pesquisas que tragam melhorias significativas para o meio ambiente.

**Figura 6:** Participação dos países em publicações sobre recuperação de áreas degradadas do bioma Caatinga.

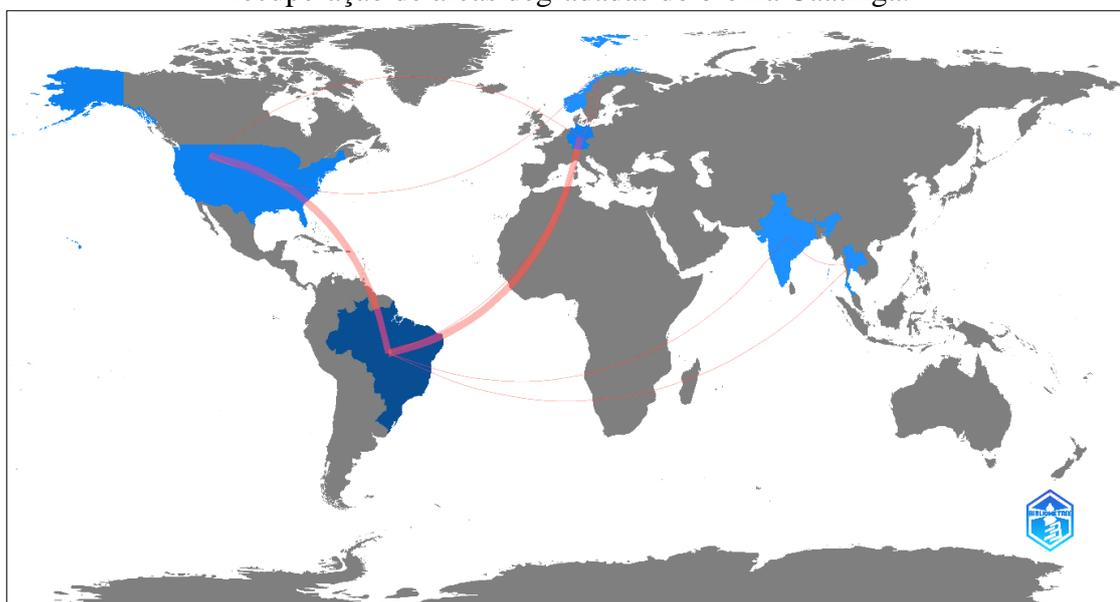


Fonte: R Core Team (2021).

A baixa taxa de colaboração científica internacional pode ser apontada como um ponto fraco da produção científica em relação à temática abordada. Houve a colaboração do Brasil com cinco nações distintas, como observado na Figura 7, na qual, quanto mais intensa a cor azul, maior o número de artigos publicados e, quanto maior a espessura das linhas vermelhas, maior o número de colaborações. A Alemanha apresentou uma maior cooperação nas pesquisas, com total de três artigos, o que representa 13% do total dos documentos quantificados. Com

relação a esse país, cabe destacar a participação da Universidade Técnica de Munique, que mantém parceria com instituições brasileiras em pesquisas que investigam as espécies arbóreas com maior potencial ecofisiológico para fixar carbono e restaurar áreas degradadas no semiárido brasileiro (Farias; Rebouças, 2020). Na sequência, aparecem Estados Unidos da América, com dois artigos (9%); e Índia (um artigo), Noruega (um artigo) e Tailândia (um artigo), representando 4% cada, do total de publicações. Os demais 66% contemplam a produção científica formada exclusivamente por pesquisadores e instituições brasileiras.

**Figura 7:** Distribuição geográfica das colaborações internacionais em pesquisas sobre recuperação de áreas degradadas do bioma Caatinga.



Fonte: R Core Team (2021).

Embora exista um traço histórico de degradação ambiental no Brasil e no mundo, o desenvolvimento de linhas pesquisas para compreender, avaliar e mitigar os danos causados ao meio ambiente ainda são recentes. Para Hobbs *et al.* (2011), a Ecologia da Restauração é apontada como peça fundamental na conservação dos ecossistemas, por meio da aplicação de técnicas em áreas degradadas, o que tem obtido notoriedade nos últimos anos, assim como o zoneamento ambiental, que tem se destacado como uma das principais ferramentas na gestão territorial e proteção do meio ambiente, sendo primordial no favorecimento do desenvolvimento sustentável (Santos; Sales, 2023).

De modo geral, os artigos mostraram que, apesar das discussões voltadas para a recuperação de áreas degradadas e para ambientes em processo de desertificação associada à perda da cobertura vegetal, oriunda da depreciação causada por atividades antrópicas (Santos

*et al.*, 2018; Tomasella *et al.*, 2018), ainda existem lacunas a serem preenchidas, que podem ser contempladas com pesquisas voltadas para o bioma.

Assim, fica notório que existe demanda urgente por informações de ambientes pouco estudados como a Caatinga, a qual é realçada diante dos desafios ecológicos, pedológicos e de manejo para a recuperação de áreas degradadas. Convém salientar que as pesquisas científicas geram conhecimento que auxiliam na tomada de decisão e implantação de técnicas em projetos de restauração, a fim de evitar a expansão do desmatamento e dos processos de desertificação. Diante das informações coletadas, para pesquisas futuras, recomenda-se a abordagem de metodologias de implantação, práticas e estratégias ambientais para a recuperação de áreas degradadas e a minimização do processo de desertificação na Caatinga.

## Conclusão

- A preocupação com a manutenção e a proteção dos biomas geográficos espalhados pelo mundo é latente e cada vez mais importante. Tal importância recai sobre o único bioma exclusivamente brasileiro em ampla degradação ambiental, a Caatinga. A partir da análise bibliométrica desta pesquisa, foi possível aferir que, nos últimos 20 anos, têm sido realizadas poucas pesquisas sobre recuperação de áreas degradadas voltadas para a restauração dos danos ambientais do bioma Caatinga.
- Este estudo realizou um mapeamento científico sobre o tema recuperação de áreas degradadas do bioma caatinga, e considerando os resultados apresentados, o presente estudo bibliométrico foi alcançado e evidenciado por meio de 10 *clusters*. O primeiro cluster ressaltou o eixo central do trabalho apresentando os termos Caatinga, densidade e indivíduos florestais. O segundo cluster abordou sobre reflorestamento dos habitats e o papel fundamental das aves e aves neotropical na recuperação das áreas degradadas. O *cluster* azul houve uma concentração no termo ecossistema e as diferentes metodologias de avaliação do dano ambiental e riqueza ecológica. Por fim, o *cluster* amarelo mostrou a importância das espécies nativas em programas de reflorestamento no bioma Caatinga, e o monitoramento da sucessão vegetal que ocorre nestas áreas.
- A reduzida publicação sobre o tema do estudo, no período determinado para a pesquisa, dificulta o desenvolvimento de novos conhecimentos para o avanço de metodologias e inovações tecnológicas que possam contribuir para a recuperação ou a prevenção de impactos ambientais do bioma. Portanto, recomendam-se, para futuras pesquisas, estudos sobre o bioma Caatinga e sobre as melhores estratégias de restauração ou de

recuperação ambientais, contribuindo, assim, para o avanço das ciências ambientais e da gestão ambiental locais.

- Esta análise bibliométrica oferece uma primeira reflexão sobre o atual cenário de pesquisas que envolve recuperação de áreas degradadas na Caatinga e pode ser orientador de futuros esforços e agendas de pesquisa que contribuam para a sustentabilidade desse bioma, principalmente no tocante à manutenção da diversidade biológica local.

## Referências

- Ab'Sáber, A. N. (1999). Sertões e sertanejos: uma geografia humana sofrida. *Estudos Avançados*, 13(36), 7-59. <https://www.revistas.usp.br/eav/article/view/9474>
- Agra, A. C.; Pina, W. C. (2020). Insetos como bioindicadores de áreas degradadas ou em processo de restauração no bioma Caatinga. *Ensaio e Ciência*, 24(5), 630-635. <https://doi.org/10.17921/1415-6938.2020v24n5-esp.p630-635>.
- Antongiovanni, M.; Venticinque, E. M.; Matsumoto, M.; Fonseca, C. R. (2020). Chronic anthropogenic disturbance on caatinga dry forest fragments. *Journal of Applied Ecology*, 57(10). <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13686>.
- Araujo, H. F. P.; Machado, C. C. C.; Pareyn, F. G. C.; Nascimento, N. F. F.; Araújo, L. D. A.; Borges, L. A. A. P.; Santos, B. A.; Beirigo, R. M.; Vasconcellos, A.; Dias, B. O.; Alvarado, F.; Silva, J. M. C. (2021). A sustainable agricultural landscape model for tropical drylands. *Land Use Policy*, 100. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104913>.
- Araújo, C. S. F.; Sousa, A. N. (2011). Estudo do processo de desertificação na caatinga: uma proposta de educação ambiental. *Revista Ciência & educação*, 17(4), 975-986. <https://doi.org/10.1590/S1516-73132011000400013>.
- BFG The Brazil Flora Group (2021). Flora do Brasil 2020. 1-28 pp. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. <http://doi.org/10.47871/jbrj2021001>.
- Bezerra, A. M. R.; Lazar, A.; Bonvicino, C. R.; Cunha, A. S. (2014). Subsidies for a poorly known endemic semiarid biome of Brazil: non - volant mammals of an eastern region of Caatinga. *Zoological Studies*. 53, 16. <https://doi.org/10.1186/1810-522X-53-16>.
- Brasil. Lei 13.153, de 30 de julho de 2015 (2015). Política Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF. [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2015/lei/113153.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/113153.htm).
- Brasil. Ministério do Meio Ambiente. *Caatinga*. (2022). <https://www.gov.br/mma/pt->

br/assuntos/ecossistemas-1/biomas/caatinga.

Chueke, G. V.; Amatucci, M. (2015). O que é bibliometria? Uma introdução ao fórum. *Internext*, v. 10, n. 2, p. 1-5. <https://doi.org/10.18568/1980-4865.1021-5>.

Coutinho, L. M. (2006). O conceito de bioma. *Acta Bot. Bras.* V. 20, n. 1, 13-23. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062006000100002>.

Dardas, L. A.; Sawair, F. A., Nabolsi, M., Simmons, L. A. (2018). Nursing research in the arab region: a bibliometric analysis. *International Journal of Nursing Practice*, 25, e 12716. <https://doi.org/10.1111/ijn.12716>.

D'odorico, P., Bhattachan, A., Davis, K. F., Ravi, S., Runyan, C.W. (2013). Global desertification: drivers and feedbacks. *Advances in Water Resources*. 51, 326–344. <https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2012.01.013>.

Eck, N. J. V; Waltman, L. (2023). Software survey: VOSviewer, (Versão 1. 6. 19). <https://www.vosviewer.com>.

Do Nascimento, E. O.; Machado, D. D.; Dantas, M. C. (2015). O bioma da Caatinga é abordado de forma eficiente por escolas no semiárido? *Revista Didática Sistemica*. v.17, n.1, p. 95-105. <https://periodicos.furg.br/redsis/article/view/5517>.

Falagas, M. E.; Pitsouni, E. I.; Malietzis, G. A.; Pappas, G. (2008). Comparison of PubMed, Scopus, web of science, and Google scholar: strengths and weaknesses. *FASEB J.* 22(2):338–42. <https://doi.org/10.1096/fj.07-9492LSF>.

Farias, E.; Rebouças, J. P. (2020). *Esperança na Caatinga*. Agência de Comunicação da UFRN. Consultado em 07 de dezembro de 2022. <https://ufrn.br/imprensa/materias-especiais/38360/esperanca-na-caatinga>.

Fernandes, M. M.; Fernandes, M. R. M.; Garcia, J. R.; Matricardi, E. A. T.; Lima, A. H. S.; Araujo Filho, R. N.; Gomes Filho, R. R.; Piscoya, V. C.; Piscoya, T. O. F.; Cunha Filho, M. (2021). Land use and land cover changes and carbon stock valuation in the São Francisco River Basin, Brazil. *Environmental challenges*. 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100247>.

Fernandes, M. F.; Queiroz, L. P. (2018). Vegetação e flora da Caatinga. *Ciência e cultura*, 70 (4), 51-56. <http://dx.doi.org/10.21800/2317-66602018000400014>.

Franco, J. R. A.; Paterno, G. B.; Ganade, G. (2021). The influence of herbaceous vegetation on the colonization of native and invasive trees: consequences for semiarid forest restoration. *Restoration Ecology*. <https://doi.org/10.1111/rec.13595>.

Ganem, K. A.; Dutra, A. C.; Oliveira, M. T.; Freitas, R. M.; Grecchi, R. C.; Vieira, R. M. S. P.; Arai, E.; Silva, F. B.; Sampaio, C. B. V.; Duarte, V.; Shimabukuro, Y. E. (2020). Mapping

caatinga vegetation using optical earth observation data – opportunities and challenges. *Revista brasileira de cartografia*. v. 72. 829-854. <http://dx.doi.org/10.14393/rbcv72nespecial50anos-56543>.

Ganem, R.S. (2017). Caatinga: estratégias de conservação. *Estudo técnico*. 105 p. [https://bd.camara.leg.br/bd/bitstream/handle/bdcamara/34479/caatinga\\_roseli\\_ganem.pdf?sequence=9&isAllowed=y](https://bd.camara.leg.br/bd/bitstream/handle/bdcamara/34479/caatinga_roseli_ganem.pdf?sequence=9&isAllowed=y).

Gao, H.; Ding, X. H.; Wu, S. (2020). Exploring the domain of open innovation: Bibliometric and content analyses. *Journal of Cleaner Production*, v. 275, p. 122580. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122580>.

Hobbs, R. J.; Hallet, L. M.; Ehrlich, P. R.; Mooney, H. A. (2011). Intervention ecology: applying ecological science in the twenty-first century. *Bioscience*, v.61, p.442-450. <https://doi.org/10.1525/bio.2011.61.6.6>.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2004). *Mapa de Biomas do Brasil: primeira aproximação*. Rio de Janeiro: IBGE, 2004. [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br).

IPCC. (2022). *Sexto relatório de avaliação do IPCC: mudança climática 2022*. <https://www.unep.org/pt-br/resources/relatorios/sexta-relatorio-de-avaliacao-do-ipcc-mudanca-climatica-2022>.

IPCC. (2014). *Painel intergovernamental sobre alterações climáticas: alterações climáticas, adaptações e vulnerabilidade*. [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/ar5\\_wg2\\_spmport-1.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/ar5_wg2_spmport-1.pdf). Acesso em: 30 out. 2022.

Journal Citation Reports. (2022). *Impact Factor*. 2022. <https://impactfactorforjournal.com/impact-factor-2021/>.

Kaffash, S.; Nguyen, S. T.; Zhu, J. Big data algorithms and applications in intelligent transportation system: A review and bibliometric analysis. *International Journal of Production Economics*, v. 231, p. 107868, 1 jan. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107868>.

Neri, A. V.; Soares, M. P.; Neto, J. A. A. M.; Dias, L. E. (2011). Espécies de cerrado com potencial para recuperação de áreas degradadas por mineração de ouro. *Revista Árvore*, v. 35, n. 4, p. 907 - 918. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622011000500016>.

Nobanee, H.; Al Hamadi, F. Y.; Abdulaziz, F. A.; Abukarsh, L. S.; Alqahtani, A. F.; Alsubaey, S. K.; Almansoori, H. A. (2021). A bibliometric analysis of sustainability and risk management. *Sustainability*, v. 13, p. 3277. <https://doi.org/10.3390/su13063277>.

ONU. (1992). *Conferência rio-92 sobre o meio ambiente do planeta*.

<https://www2.senado.leg.br/bdsf/handle/id/589791>.

ONU (Organização das Nações Unidas). (2015). *Transformando nosso mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável*. <https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>.

Ripple, W. J.; Wolf, C.; Galetti, M.; Newsome, T. M.; Alamgir, M.; Crist, E.; Mahmoud, M. I.; Laurance, W. F. (2017). *Advertência dos cientistas do mundo à humanidade: um segundo aviso*. [https://www.ffms.pt/sites/default/files/2022-07/Portuguese\\_version\\_11-13-17.pdf](https://www.ffms.pt/sites/default/files/2022-07/Portuguese_version_11-13-17.pdf).

Sajovic, I.; Podgornik, B. B. (2022). Bibliometric Analysis of Visualizations in Computer Graphics: A Study. Faculty of Natural Sciences and Engineering, *SAGE Journals*, 12. <https://doi.org/10.1177/21582440211071105>.

Santos, V. M.; Sales, M. C. L. (2023). Zonear para recuperar: proposições para o semiárido Brasileiro (Alto Santo - CE). *Revista Brasileira de Geografia Física*. V.16 n.01, 251-264. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v16.1.p251-264>

Santos, Gislaíne de Jesus. (2021). *Bioma Caatinga: do estudo à desmistificação dos mitos acerca da sua biodiversidade*. [Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação)] - Centro Universitário AGES.

Santos, D. M.; Silva, K. A.; Santos, J. M. F. F.; Araújo, E. L. (2018). Soil seed bank and its importance in the natural regeneration of degraded areas. *Ethnobiology and Conservation*. 7. <https://doi.org/10.15451/ec2018-03-07.05-1-7>.

Silva, T. C.; Araújo, E. C. G.; Lins, T. R. S.; Reis, C. A.; Sanquetta, C. R.; Rocha, M. P. Non-Timber Forest Products in Brazil: A Bibliometric and a State of the Art Review. *Sustainability*, v. 12, n. 17, p. 7151, 2 set. 2020. <https://doi.org/10.3390/su12177151>

Silva, L. S.; Lucena, E. M. P. (2023). Contribuições da estatística circular para a obtenção de dados fenológicos reprodutivos em populações e comunidades vegetais florestais. *Research, Society and Development*, v. 12, n. 1, e16312139318. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v12i1.39318>.

Silva, A. G.; Vilar, L. O.; Vilar, V. O.; Coelho, F. P.; Acioli, N. R. S.; Ramos, B. G. A.; Moreira, J. G.; Daires, T. R.; Silva, D. P.; Cruz, M. S.; Moura, R. G. (2021). O manejo florestal sustentável da caatinga. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*. São Paulo, 7(5), 872–884. <https://doi.org/10.51891/rease.v7i5.1299>.

Silva, V. P.; Souza, L. K. P. (2019). *Níveis de cobertura vegetal de núcleo de desertificação em tempos de seca: revisão de literatura e índices de vegetação*. In: X congresso brasileiro de gestão ambiental. Anais do X Congea. Fortaleza, Brasil.

Silva, J. T. M.; Ablanedo-Rosas, J. H.; Rossetto, D. E. A longitudinal literature network review

- of contributions made to the academy over the past 55 years of the IJPR. (2018). *International Journal of Production Research*, p. 1-27. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1484953>.
- Silva, J. M. C. Da; Leal, I. R.; Tabarelli, M. (2017). Caatinga: the largest tropical dry forest region in south America. *Springer*. XXI, 482. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-68339-3>.
- Sweileh, W. M. (2021). Bibliometric analysis of peer-reviewed literature on antimicrobial stewardship from 1990 to 2019. *Globalization and Health*, v. 17, n. 1, p. 1. <https://doi.org/10.1186/s12992-020-00651-7>.
- Teixeira, L. H.; Oliveira, B. F.; Krahd, F. S.; Kollmanna, J.; Ganade, G. (2020). Linking plant traits to multiple soil functions in semi-arid ecosystems. *Journal of Arid Environments*.172, 104040. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2019.104040>.
- Toledo, G. S.; Domingues, C. R. (2018). Produção sobre educação corporativa no Brasil: um estudo bibliométrico. *Revista de Gestão e Secretariado*. São Paulo, v. 9, n. 1, p 108-127. <https://doi.org/10.7769/gesec.v9i1.755>.
- Tomasella, J.; Vieira, R. M. S. P.; Barbosa, A. A.; Rodriguez, D. A.; Santana, M. O.; Sestinib, M. F. (2018). Desertification trends in the Northeast of Brazil over the period 2000–2016. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 197-206. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2018.06.012>.
- UNCCD. (2016). Achieving land degradation neutrality at the country level. *Global Mechanism (GM) of the United Nations Conventions to Combat Desertification* (UNCCD), Bonn, Germany. [https://www.unccd.int/sites/default/files/documents/160915\\_ldn\\_rgb\\_small%20\(1\).pdf](https://www.unccd.int/sites/default/files/documents/160915_ldn_rgb_small%20(1).pdf).
- UNCCD. (2019). Land degradation neutrality for biodiversity conservation. United nations convention to combat desertification. *Briefing note*. Bonn, German. <https://www.unccd.int/resources/publications/land-degradation-neutrality-biodiversity-conservation-briefing-note>.
- Vieira, R. M. S. P. V.; Cunha, A. P. M. A.; Barbosa, A.A.; Ribeiro Neto, G. G.; Tomasella, J.; Alvalá, R. C. S.; Santos, F. C.; Santana, M. O. (2018). Análise das interações entre dados climáticos e o processo de desertificação no núcleo de desertificação de Cabrobó-PE, Brasil. *Sustentabilidade em debate*, v. 9, n. 2, p. 72-87. <https://doi.org/10.18472/SustDeb.v9n2.2018.27559>.
- Zidong, L.; Wang S, Song S, Wang Yp, Musakwa W. (2021). Detecting land degradation in Southern Africa using time Series Segment and Residual Trend (TSS-RESTREND). *J Arid Land*. v. 184, 104314. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2020.104314>.