

Revisão bibliométrica da distribuição espacial das árvores em florestas tropicais

Andrea Fernanda Perozo dos Santos^{1*}, Carla Cristina Cassiano¹, Rômulo Mora¹

¹Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, Mato Grosso.

Original Article

*Corresponding author:
andrea-perozo@hotmail.com

Received in 09/05/2024

Accepted on 24/02/2025

Published in 11/08/2025

DOI:
<https://doi.org/10.34062/yg503v85>

ABSTRACT: Knowledge of the spatial distribution pattern of a forest can provide information about the ecology of a given species, assist in defining conservation strategies, help with sampling processes and clarify the spatial structure of the species in question. The objective of this research was to carry out a bibliometric survey of scientific works that address the topic of species distribution in tropical forests over the last 11 years (2013-2023). The following keywords were used for the research: 'species distribution pattern AND tropical forest AND tree', in the Web of Science database, where search filtering was subsequently applied by years, country and area of knowledge, obtaining a sampling of 202 publications. Among the main results, it was highlighted that the years 2017 and 2022 had the highest number of published works. The area of Ecology was the one that presented the largest number of publications related to the topic. The magazine "Ecology and forest management" was the one that stood out for the quantity of works published, and the most prolific author on the topic was Costa, F. R. C. A bibliometric review carried out in this article demonstrated that there is a growing interest and diversity of approaches in scientific production on the spatial distribution of species in tropical forests.

Palavras-chave: Estrutura florestal; Agregação de espécies; Bibliometria.

Revisão bibliométrica da distribuição espacial das árvores em florestas tropicais

RESUMO: O conhecimento do padrão de distribuição espacial de uma floresta pode fornecer informações sobre a ecologia de uma determinada espécie, contribuir para a definição de estratégias de conservação, favorecer processos de amostragem e esclarecer a estrutura espacial da espécie em questão. O objetivo desta pesquisa foi realizar um levantamento bibliométrico dos trabalhos científicos que abordem o tema da distribuição de espécies em florestas tropicais nos últimos 11 anos (2013-2023). Para a pesquisa foram utilizadas as seguintes palavras-chaves: 'species distribution pattern AND tropical forest AND tree', na base de dados Web of Science, onde posteriormente foi aplicada a filtragem de busca por anos, país e área do conhecimento, obtendo-se uma amostragem de 202 publicações. Entre os principais resultados, destacou-se que os anos de 2017 e 2022 apresentaram o maior número de trabalhos publicados. A área da Ecologia foi a que apresentou o maior número de publicações relacionadas ao tema. A revista "Forest ecology and management" foi a que se destacou pela quantidade de trabalhos publicados, e a autora mais prolífica sobre o tema foi a Costa, F. R. C. A revisão bibliométrica realizada neste artigo demonstrou que existe um crescente interesse e diversidade de abordagens na produção científica sobre a distribuição espacial de espécies em florestas tropicais. Assim, a realização de estudos mais aprofundados sobre a distribuição espacial das espécies em florestas tropicais permanece uma linha de pesquisa essencial para a formulação de políticas ambientais mais sustentáveis e eficazes.

Keywords: Forest structure; Species aggregation Bibliometrics.

Introdução

A caracterização e o entendimento da distribuição espacial dos componentes florestais são essenciais para promover a conservação e o manejo sustentável das florestas, especialmente em áreas ameaçadas pela intervenção humana. Estudos recentes indicam que o arranjo espacial das árvores é fundamental para a funcionalidade ecológica e para a manutenção da biodiversidade florestal, além de ser uma ferramenta útil para o planejamento de estratégias de manejo sustentável (REU et al., 2022). Esses padrões espaciais ajudam a identificar os efeitos de fatores ambientais, como a disponibilidade de luz e água, condições de solo e interações entre espécies, fatores determinantes na formação e estrutura das florestas (CEBALLOS & EHRLICH, 2022).

A análise estrutural é um componente essencial do manejo florestal, pois permite a definição de critérios adequados de colheita e auxilia na avaliação do estágio de desenvolvimento das florestas, orientando tratamentos silviculturais para melhorar tanto a qualidade quanto a produtividade florestal (DU et al., 2018; ZHANG et al., 2019). O entendimento da organização e da distribuição espacial de uma floresta é fundamental para decisões sustentáveis e efetivas no uso dos recursos florestais, particularmente em regiões onde a preservação de biodiversidade e a estabilidade do ecossistema são prioridades (GADOW & FÜLDNER, 1993; GUAN & WWN, 2021).

Além disso, compreender o padrão de distribuição espacial das espécies florestais fornece informações valiosas sobre a ecologia e o comportamento de espécies específicas, suportando estratégias de conservação e metodologias de amostragem que refletem melhor as dinâmicas ecológicas locais (GHALANDARAYESHI et al., 2017; HUI et al., 2019). Fatores como disponibilidade de luz e água, composição do solo, competição entre espécies e resistência a fitopatologias são variáveis-chave na definição dos padrões espaciais das árvores, influenciando diretamente a saúde e a produtividade dos ecossistemas florestais (WU et al., 2023; GUAN et al., 2021).

Além disso, a distribuição espacial das espécies é um fator crucial para a regeneração natural e para evitar a homogeneização da biodiversidade, uma preocupação crescente em ecossistemas florestais ameaçados (WASHINGTON UNIVERSITY IN ST. LOUIS, 2022). Classificar os tipos de arranjo espacial, seja ele aleatório, agregado ou regular, permite compreender a dinâmica ecológica e adaptar práticas de conservação e restauração florestal, promovendo a resiliência desses ambientes frente às pressões ambientais e antrópicas (EKANAYAKE et al., 2021).

A bibliometria, por sua vez, é uma técnica de caráter quantitativo que mede os níveis de produção e disseminação do conhecimento científico. Esta trata dados oriundos de uma revisão sistemática e

permite a seleção de trabalhos de pesquisas com características em comum, a fim de identificar as tendências de um determinado tema (ARAÚJO, 2006). Entende-se que há uma correlação significativa entre o interesse científico pela distribuição espacial em florestas tropicais e a importância deste conhecimento para a compreensão ecológica, conservação e manejo de ecossistemas florestais (DU et al., 2018).

Esse conhecimento pode ser essencial para o desenvolvimento de estratégias eficazes de conservação e para entender melhor os fatores ecológicos que influenciam a distribuição e sobrevivência das espécies arbóreas em florestas tropicais (REU et al., 2022).

Portanto, o objetivo desta pesquisa foi realizar um levantamento bibliométrico das publicações científicas sobre a distribuição de espécies em florestas tropicais nos últimos 11 anos (2013-2023). Este levantamento visa identificar tendências, áreas de maior produção científica, autores mais prolíficos e revistas mais relevantes dentro do campo da distribuição espacial de espécies, especificamente em florestas tropicais.

Material e Métodos

Para realizar essa revisão, foram selecionados artigos científicos publicados em periódicos indexados na base de dados Web of Science. Os critérios de inclusão foram: artigos publicados em um período de 10 anos (2013-2023) e que abordassem a distribuição espacial de árvores em florestas tropicais.

Optou-se por escolher artigos publicados integralmente no formato de artigo científico completo, utilizado o filtro para resultados somente no Brasil e publicados em inglês e português. As palavras-chaves utilizadas para a pesquisa foram: “species distribution pattern AND tropical forest AND tree”.

Após a triagem inicial, procedeu-se à análise os títulos e resumos para identificar aqueles mais relevantes, ou seja, as pesquisas sobre distribuição espacial voltadas exclusivamente para espécies florestais. Em seguida, realizou-se a leitura dos artigos que entraram na seleção para triagem e classificação das principais informações, fornecendo uma base de dados confiável para a realização desta pesquisa.

Este artigo seguirá as três leis básicas da bibliometria. A primeira diz respeito a produtividade dos periódicos – dita Lei de Bradford, que identifica qual periódico possui maiores tendências na publicação do tema de interesse. A segunda lei, também conhecida como a Lei de Lotka, aborda a produtividade dos autores, afirmando que quanto maior o número de trabalhos publicados por um autor, maior a probabilidade de que ele continue publicando novos trabalhos relacionados ao mesmo tema. A terceira lei, chamada de Lei de Zipf, trata da frequência de ocorrência de palavras em trabalhos com assuntos correlacionados. Esta lei também é conhecida como Lei do menor esforço, consiste na medição da fre-

quência de palavras-chave nos referidos trabalhos (ARAÚJO, 2006).

Para a organização dos dados e tabulação dos mesmos, foi utilizado o software Microsoft Office Excel® 2013, descrevendo em tabelas os autores, títulos, ano de publicação e periódico.

Resultados e Discussão

A busca retornou 2.031 publicações científicas em formato de artigo. Destas, inicialmente foram filtrados pelo ano de 2013 a 2023, permanecendo 1.161 artigos. Na sequência, foram filtrados por área do conhecimento do Web of Science, selecionando somente os relacionados ao setor florestal, permanecendo assim 279 artigos. Após a aplicação do filtro Brasil, restaram um total de 202 artigos selecionados. Desta seleção, foram analisados títulos e resumos, a fim de manter somente os que se relacionavam com a distribuição espacial das árvores, definindo a amostra final em 202 documentos que atendiam aos critérios de inclusão.

Os artigos sobre distribuição espacial de espécies em florestas tropicais são publicados em diversas áreas do conhecimento. Com base nessas áreas, os artigos foram separados (Figura 1), destacando-se a área da Ecologia, que detém o maior número de publicações sobre o tema pesquisado.

A ecologia pode ser definida como o estudo científico das interações entre organismos e seu ambiente, podendo ser estendida para a definição de que essas determinam a distribuição e a abundância

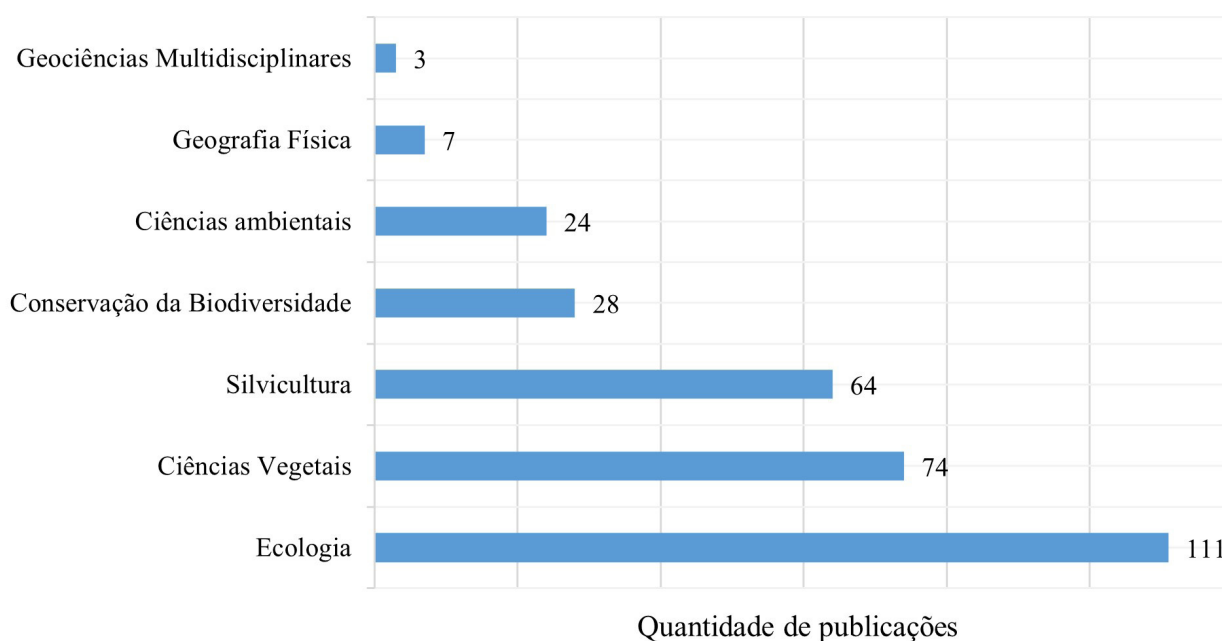
dos organismos (CAIN et al., 2018). Dessa forma, a ligação entre o tema de distribuição espacial e a área da Ecologia pode ser demonstrada no artigo publicado por ABDO et al. (2017), que teve como objetivo avaliar a distribuição das espécies pioneiras em relação à altitude, aos atributos do solo e presença de espécies não arbóreas.

É perceptível que os estudos sobre a distribuição espacial das árvores podem ajudar a entender como ocorre a regeneração natural da floresta e como as novas árvores se estabelecem em relação às árvores adultas, sendo importante para avaliar a capacidade de recuperação de florestas degradadas, ou seja, é um estudo de grande importância para entender o funcionamento dos ecossistemas florestais e os processos que ocorrem neles (ABDO et al. 2017).

ABDO et al. (2017) também cita em seu artigo que um dos principais fatores que influenciam a distribuição espacial das árvores é a competição por recursos como luz, água e nutrientes, e que dessa forma, esses padrões podem revelar informações sobre a dinâmica desses recursos, além de fornecer dados sobre a estrutura e a composição das comunidades vegetais.

Outro artigo que demonstra a importância e a ligação dos estudos sobre distribuição espacial e a área da ecologia são dos autores SANTOS et al. (2017), o qual estudaram as mudanças na diversidade de espécies e na estrutura da comunidade, buscando compreender a dinâmica da regeneração e das mudanças temporais na floresta.

Figura 1. Número de publicações sobre distribuição espacial de espécies em florestas tropicais por área do conhecimento, a partir da Web of Science.

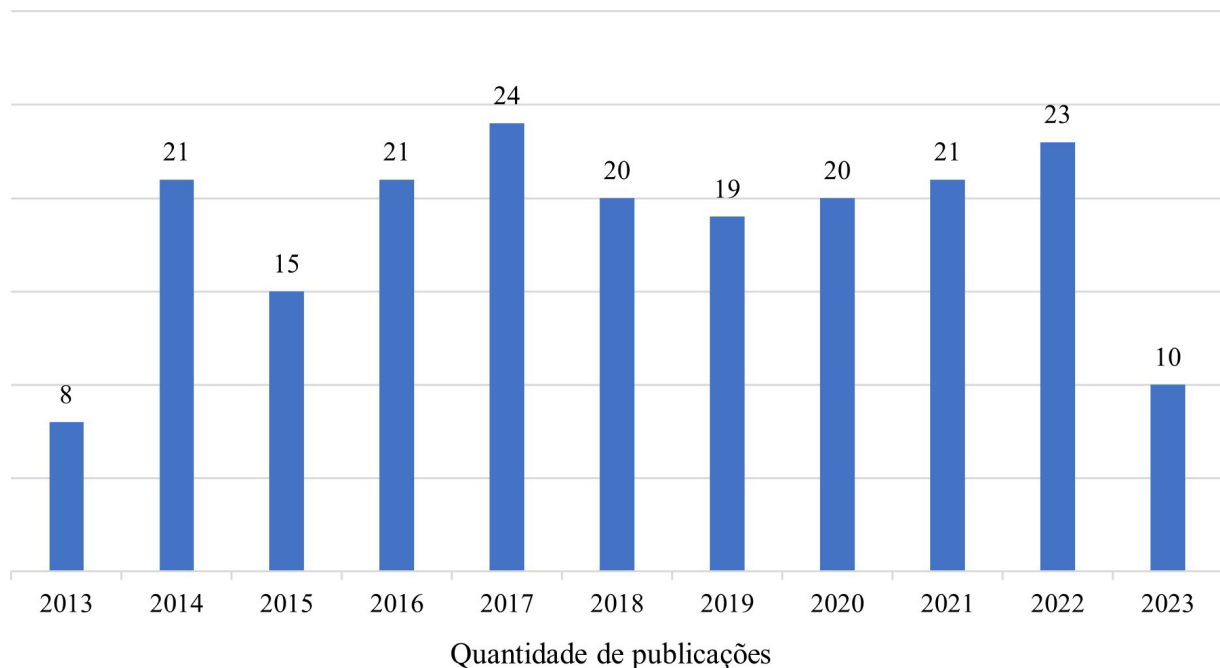


Por sua vez, PIOTTO et al. (2021) também abordaram a influência da distância entre florestas maduras e florestas em regeneração na composição de espécies arbóreas na Mata Atlântica no Sul da Bahia, Brasil.

Os três artigos mencionados – Abdo et al. (2017), Santos et al. (2017) e Piotto et al. (2021) –

espacial foi relacionada com o crescimento, produtividade e desenvolvimento das florestas (XAVIER, 2021). A silvicultura é a ciência que estuda o manejo sustentável das florestas, nesse contexto, o entendimento sobre a distribuição das árvores é fundamental para o planejamento e a implementação de práticas de manejo florestal adequadas (LUCENA, 2022).

Figura 2. Número de publicações sobre distribuição espacial de espécies em florestas tropicais por ano.



representam as contribuições mais relevantes para o estudo da distribuição espacial de espécies arbóreas em florestas tropicais. Esses trabalhos não apenas introduzem metodologias robustas, mas também possuem resultados aplicados que embasam estratégias de manejo sustentável e conservação florestal.

A relação do estudo da ecologia com a distribuição espacial das espécies foi ligada com o entendimento sobre a diversidade de espécies, pois estudos nessa área podem ajudar a identificar a biodiversidade da área que é importante para a conservação e a manutenção da variedade de espécies em um ecossistema. Estas podem fornecer os processos ecológicos que ocorrem como dispersão de sementes, interações entre espécies e dinâmica de populações, processos fundamentais para o manejo adequado dessas áreas (BENSUSAN, 2006).

Ademais, a distribuição espacial pode ser afetada pelos impactos causados pelas mudanças climáticas, pelo desmatamento e pela fragmentação de habitats. O estudo dessa temática pode ajudar a compreender como as florestas estão respondendo a essas pressões e como podemos melhorar seu manejo e conservação (LUCENA, 2022).

Seguido pela área do conhecimento Ciências Vegetais, Silvicultura e Conservação da Biodiversidade, pode-se afirmar que a distribuição

Os artigos sobre a distribuição espacial na área da Silvicultura têm como objetivo fornecer informações sobre os padrões espaciais em diferentes escalas e contextos, e permitem identificar padrões como agregação, uniformidade ou aleatoriedade, e entender os principais fatores que influenciam esses padrões. Estes também podem abordar sobre a competição entre as árvores, sobre o uso eficiente dos recursos disponíveis, ao crescimento e ao desenvolvimento das florestas (SOUZA, 2020). Entende-se que essas informações são fundamentais para o planejamento florestal, seleção de espécies e definição de práticas de manejo adequada. Dessa forma, os artigos nessa área contribuem para o aprimoramento das técnicas e práticas silviculturais.

Observa-se que não há um padrão para a quantidade de publicações ao longo do período, mas os anos de 2017 e 2022 apresentaram o maior número de trabalhos publicados, com 24 e 23 artigos, respectivamente. No ano de 2023 houve uma queda de 13 artigos em relação a 2022 (Figura 2).

A Lei de Bradford classifica os três principais periódicos (Tabela 1), no quesito produtividade sobre o tema em ordem decrescente sendo estes: Forest Ecology and Management, Plant Ecology e Biotropica, com 25, 16 e 15 publicações, respectivamente.

A Figura 3 apresenta o percentual do número de publicações por autor e a probabilidade de os autores aumentarem o número de publicações relacionadas ao mesmo tema (linha pontilhada vermelha). Enquanto a produção ao longo do tempo dos principais autores que escreveram sobre o tema de distribuição espacial de árvores em florestas tropicais está representada na Figura 4.

A interpretação da Lei de Lotka foi baseada no número de publicações por autor, dos quais, 81,06% dos autores contam com somente uma publicação, enquanto 12,28% dos autores contam com duas publicações (Figura 3). O maior número de publicações por autor sobre o tema foi de 13 trabalhos, em que, apenas 0,08% dos autores possui esse valor, sendo a única autora Costa, F.R.C, que o fez em sua maioria nos anos de 2014 e 2022, tendo publicado outras vezes no ano de 2019 e 2023 (Figura 4). Observa-se que a produtividade e relevância das publicações no decorrer do tempo foi variada e não segue uma quantidade determinada com o passar dos anos de acordo com cada autor.

Baseada na terceira lei, a Lei de Zipf da bibliometria, foram classificadas as principais palavras-chave de acordo com a frequência de ocorrência. Quanto maior a frequência, maior a área que determinada palavra ocupa na nuvem de palavras, as palavras diversity, biodiversity, rain-forest e atlantic forest são as mais frequentes nos trabalhos publicados, conforme representado na Figura 5.

Quanto as espécies estudadas, identificou-se uma diversidade de grupos taxonômicos analisados, e em relação aos métodos utilizados várias abordagens, incluindo levantamentos de campo, modelagem de distribuição de espécies e análises de dados de sensoriamento remoto. Essa diversidade de abordagens metodológicas é um reflexo da complexidade interdisciplinaridade do tema.

Tabela 1. Quantidade de trabalhos publicados sobre distribuição espacial de espécies em florestas tropicais por periódico.

Periódico de publicação	Quantidade de trabalhos publicados	%
Forest ecology and management	25	9,398
Plant ecology	16	6,015
Biotropica	15	5,639
Journal of tropical ecology	11	4,135
Biodiversity and conservation	10	3,759
Flora	8	3,008
Acta botanica brasílica	7	2,632
Ecography	7	2,632
Journal of vegetation science	7	2,632
Brazilian journal of botany	6	2,256
Plos one	6	2,256
Austral ecology	5	1,880
Journal of biogeography	5	1,880
New phytologist	5	1,880
Biogeosciences	4	1,504
Diversity and distributions	4	1,504
Ecological indicators	4	1,504
Journal of ecology	4	1,504
Oecologia	4	1,504
Revista arvore	4	1,504
Scientific reports	4	1,504

Figura 3. Representação da Lei de Lotka das publicações sobre distribuição espacial das árvores em florestas tropicais.



realizadas de maneira mais simples e ágil por meio de programas como o VOSviewer, uma ferramenta gratuita e online que facilita a visualização e análise bibliométrica de dados, tornando o processo mais acessível e eficiente para os pesquisadores.

Em termos de contribuições práticas, os resultados indicam que a combinação de diferentes abordagens e metodologias, como análises estruturais e bibliométricas, pode ajudar a aprimorar as estratégias de conservação e manejo florestal. Portanto, o aprofundamento em estudos sobre a distribuição espacial das espécies em florestas tropicais continua a ser uma linha de pesquisa fundamental para o desenvolvimento de políticas ambientais mais sustentáveis e eficazes.

Agradecimentos

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais da Faculdade de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá pela infraestrutura para a condução da pesquisa. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) - Código Financeiro 001, pela concessão de bolsa de mestrado.

Referências

- ABDO, M.T.V.; VALERI, S.V.; FERRAUDO, A. S.; MARTINS, A.L.M.; SPATTI, L. R. Respostas de árvores pioneiras à variação de atributos do solo em uma floresta tropical semidecídua no Brasil. *Journal of Sustainable Forestry*, v. 36, n. 2. pág. 134-147, 2017.
- ARAÚJO, C. A. A. Bibliometria: evolução histórica e questões atuais. *Em Questão*, Porto Alegre, v. 12, n. 1, p. 11–32, 2006. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/EmQuestao/article/view/16>. Acesso em: 14 jan. 2024.
- ARAÚJO, C. A. Bibliometria: evolução histórica e questões atuais. *Revista Em Questão*, Porto Alegre, v.12, n.1, p.11-32, 2006.
- BENSUSAN, Nurit. *Conservação da biodiversidade em áreas protegidas*. FGV Editora, 2006.
- CAIN, M. L.; BROWNMANN, W. D.; HACKER, S. D.; JONER, F.; OLIVEIRA, P. L. de. *Ecologia*. 3. Ed. – Porto Alegre: Artmed, 2018.
- CEBALLOS, G.; EHRLICH, P. R. Forest biodiversity and human impact. *Science*, v. 376, n. 6594, p. 915-917, 2022.
- EKANAYAKE, E. M. B. P.; XIE, Y.; AHMAD, S. Community forestry and its prospects in ecosystem conservation. *Forests*, v. 12, n. 8, 2021.
- LUCENA, M. S. de. *Manejo florestal no Domínio da Caatinga: caminhos e conhecimentos para a sustentabilidade*. 2022.
- LUCON, Oswaldo. *Mudanças Climáticas: Roteiro de Estudos*. 2022.
- PIOTTO, D.; MAGNAGO, L. F. S.; MONTAGNINI, F.; ASHTON, M. S.; OLIVER, C.; THOMAS, W. W. Nearby mature forest distance and regenerating forest age influence tree species composition in the Atlantic forest of Southern Bahia, Brazil. *Biodiversity and Conservation*, v. 30, n. 7, p. 2165-2180, 2021.
- REU, J. C.; CATANO, C. P.; SPASOJEVIC, M. J.; MYERS, J. A. Beta diversity as a driver of forest biomass across spatial scales. *Ecology*, v. 103, n. 6, 2022.
- SANTOS, P. F.; GARCIA, P.O.; SANTOS, R. M.; MOREL, J.D.; BENÍCIO, M. H.; APGAUA, D. M.; TNG, D. I. Mudanças temporais na estrutura e riqueza da comunidade arbórea em uma floresta tropical sazonalmente seca em Minas Gerais, sudeste do Brasil. *Bosque*, v. 3 de outubro de 2017.
- SOUZA, R. L. F. de. Padrão espacial da castanheira em floresta no sul do Amapá, Amazônia Oriental. *Revista Arquivos Científicos (IMMES)*, v. 3, n. 1, p. 67-72, 2020.
- WASHINGTON UNIVERSITY IN ST. LOUIS. Forests: *Spatial aspects of biodiversity, homogenization threat to forest ecosystems*. ScienceDaily, 2022. Disponível em: <https://www.sciencedaily.com/releases/2022/06/220601111813.htm>. Acesso em: 6 nov. 2024.
- XAVIER, L. C. M. Solução de geoinformação para mapeamento da distribuição espacial da produtividade de culturas a partir de RNA e imagens multiespectrais. 2021. 62 f. *Trabalho de Conclusão de Curso* (Graduação em Engenharia de Agrimensura e Cartográfica) – Universidade Federal de Uberlândia, Monte Carmelo, 2021.