

Análise Bibliométrica sobre a Aplicação do LiDAR Aerotransportado no Manejo de Impacto Reduzido na Amazônia

Bibliometric Analysis on the Application of Airborne LiDAR in Reduced Impact Logging in the Amazon

Quétilla Souza Barros¹, Evandro José Linhares Ferreira², Nívea Maria Mafra Rodrigues³, Erica Karolina Barros de Oliveira⁴, Romário de Mesquita Pinheiro⁵

RESUMO

A Exploração de Impacto Reduzido (EIR) é uma ferramenta importante para o manejo florestal que visa equilibrar a extração de madeira com a preservação ambiental. O LiDAR (Light Detection And Ranging) aerotransportado é uma tecnologia que tem se mostrado eficaz na coleta de dados florestais em grandes áreas, como a Amazônia. Uma análise bibliométrica foi realizada para investigar tendências de pesquisa, produção científica, localização geográfica dos autores, artigos mais citados e palavras-chave no campo do LiDAR aerotransportado na EIR na Amazônia. Os resultados destacaram uma tendência de crescimento notável na produção de artigos ao longo dos anos, com 2020 sendo o ano com o maior número de publicações. No entanto, também se observou uma lacuna na literatura em comparação com pesquisas globais sobre LiDAR. A análise das citações revelou trabalhos notáveis que abordaram temas como biomassa florestal, monitoramento da biodiversidade e mitigação de emissões em florestas tropicais. O Brasil liderou em número de artigos, seguido pelos Estados Unidos. As palavras-chave mais frequentemente utilizadas destacaram temas como exploração seletiva, degradação florestal, sensoriamento remoto e manejo florestal sustentável. Os resultados destacam a necessidade de maior investimento nesse campo, para preencher a lacuna na literatura e promover o desenvolvimento novas de pesquisas.

Palavras-chave: Exploração seletiva. Floresta Amazônica. Sensoriamento remoto. Modelagem 3D.

ABSTRACT

Reduced-Impact Logging (RIL) is a forest management approach that aims to balance timber extraction with environmental preservation. Airborne LiDAR is a technology that has been shown to be effective in collecting forest data in large areas, such as the Amazon. A bibliometric analysis was conducted to investigate research trends, scientific output, author geography, most cited articles, and keywords in the field of airborne LiDAR in RIL in the Amazon. The results highlighted a notable trend of increasing article production over the years, with 2020 being the year with the most publications. However, a literature gap was also observed in comparison to global LiDAR research. Citation analysis revealed notable works that addressed topics such as forest biomass, biodiversity monitoring, and emission mitigation in tropical forests. Brazil led in number of articles, followed by the United States. The most frequently used keywords highlighted themes such as selective logging, forest degradation, remote sensing, and sustainable forest management. The results highlight the need for greater investment in this field, to fill the literature gap and promote the development of innovative research.

Keywords: Selective logging, Amazon rainforest, Remote sensing, 3D modeling.

¹ Doutora em Ciências Florestais - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), Núcleo de estudos do Acre.

E-mail: quetilabarros@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-7486-3384>

² Doutor em Plant Sciences - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), Núcleo de estudos do Acre.

E-mail: evandro@inpa.gov.br
<https://orcid.org/0000-0001-9591-9615>

³ Doutoranda em Ciências Florestais – Universidade Federal do Espírito Santo (UFES).

E-mail: niveamafra11@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-3750-0813>

⁴ Doutora em Ciências Florestais – Universidade Federal do Acre (UFAC).

E-mail: karolina.czs@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-9720-7643>

⁵ Doutor em Ciência e Tecnologia - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), Núcleo de estudos do Acre.

E-mail: romario.ufacpz@hotmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-0484-8351>

1. INTRODUÇÃO

Na Amazônia, cerca de um sexto das florestas naturais são exploradas seletivamente para obtenção de madeira. No entanto, encontrar uma maneira de equilibrar a extração de madeira com a preservação de outros serviços ecossistêmicos é um grande desafio para aqueles que gerenciam essas florestas e para os responsáveis por criar políticas públicas (PIPONIOT *et al.*, 2019).

Neste contexto, surge a Exploração de Impacto Reduzido (EIR), que envolve a aplicação um conjunto de técnicas dentro de um sistema de manejo florestal policíclico. A EIR tem como propósito principal diminuir os danos causados pela extração de madeira nas partes remanescentes da floresta. Por meio dessa ferramenta, busca-se permitir a recuperação das áreas para futuros ciclos de colheita, conciliando o desenvolvimento econômico com a preservação ambiental (SCHWARTZ; FALKOWSKI; PEÑA-CLAROS, 2017).

Especialmente na região amazônica, enfrenta-se grandes desafios na coleta de informações de campo devido à necessidade de abranger extensas áreas, frequentemente de difícil acesso e sujeitas a condições climáticas adversas em diferentes épocas do ano. Isso resulta em altos custos associados à coleta de dados no campo, o que pode afetar a qualidade das medições obtidas ou limitar o número de locais amostrados (d'OLIVEIRA *et al.*, 2012).

O uso de ferramentas e métodos de sensoriamento remoto tem se mostrado uma alternativa eficaz para superar os desafios associados à coleta de informações em ambientes complexos, como florestas tropicais (GORGENS *et al.*, 2020). No contexto florestal, a tecnologia LiDAR se destaca por sua capacidade de cobrir vastas áreas de floresta por meio de sistemas aerotransportados, gerando dados que alimentam modelos de alta resolução, úteis para diversos estudos relacionados às florestas (MARSELIS *et al.*, 2020).

Os sistemas de varredura a laser aerotransportados consistem em um scanner a laser, um receptor de Sistema de Posicionamento Global (GPS) e uma Unidade de Medição Inercial (IMU). O scanner a laser usa a luz do laser como fonte para detectar retornos de energia de superfícies distantes. As posições 3D de todos os pontos medidos podem ser calculadas quando a posição e a orientação do scanner a laser são conhecidas (MICHAŁOWSKA; RAPIŃSKI, 2021).

Uma ferramenta valiosa em várias áreas da pesquisa científica é a análise bibliométrica. Essa abordagem tem a capacidade de fornecer informações abrangentes sobre os tópicos em foco, incluindo os mais recentes avanços e as lacunas de conhecimento em campos específicos (DONTU *et al.*, 2021). No contexto do sensoriamento remoto, a análise bibliométrica desempenha um papel crucial ao revelar e compreender tendências na publicação de pesquisas e sua aplicação prática (AFUYE *et al.*, 2023). A análise bibliométrica é uma ferramenta eficaz para identificar e analisar as tendências da pesquisa sobre o uso do LiDAR Aerotransportado para mitigar o impacto ambiental na região amazônica.

Esse tópico requer destaque devido à importância do LiDAR como tecnologia de sensoriamento remoto avançada. Dessa forma, o objetivo desta análise bibliométrica foi analisar o panorama das publicações científicas acerca da aplicação do LiDAR Aerotransportado na EIR na região amazônica.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Abordagem Metodológica

Para alcançar o objetivo desta análise bibliométrica implementou-se uma abordagem metodológica baseada em duas etapas: 1. Busca de artigos disponíveis nas bases de dados das plataformas Web of Science e Scopus, escolha dos termos de pesquisa e filtragem dos artigos relacionados ao tópico da pesquisa. 2. Análises, inserção dos artigos selecionados no Software r Studio, análise e interpretação dos resultados. A Figura 1 apresenta um esquema da metodologia completa.

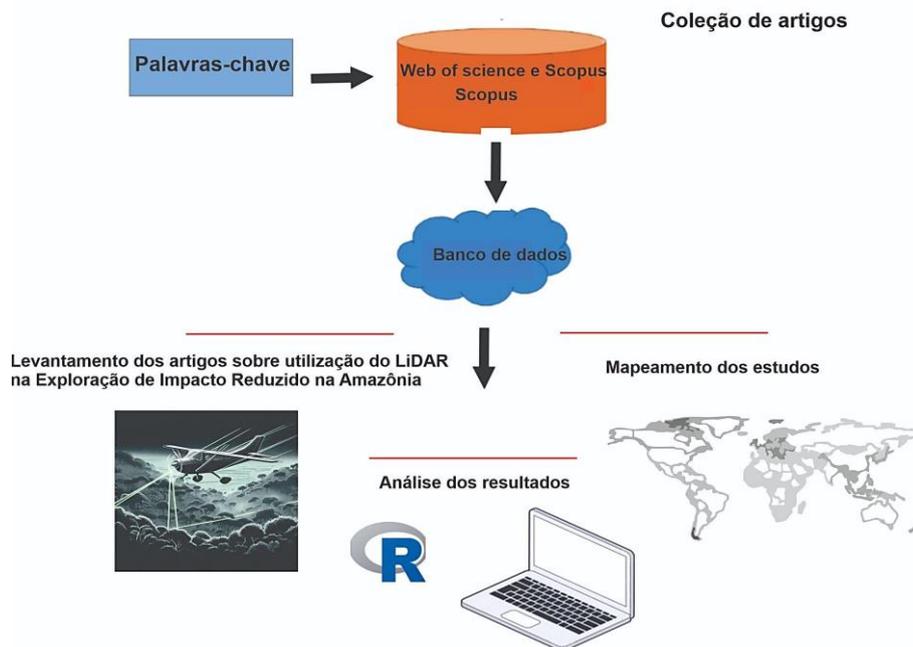


Figura 1. Esquema simplificado das etapas de avaliação das publicações para realizar a revisão bibliométrica sobre a aplicação do LiDAR Aerotransportado no manejo de impacto reduzido na Amazônia.

Foi realizado um estudo bibliométrico para avaliar a aplicação do LiDAR Aerotransportado no manejo de impacto reduzido na Amazônia. A busca por informações foi feita usando as palavras-chave: "REDUCED IMPACT LOGGING", "AIRBORNE LiDAR" e "AMAZON". O processo de busca e seleção das publicações seguiu as seguintes etapas detalhadas:

A busca inicial foi realizada nas bases de dados Web of Science (WoS) e Scopus em artigos revisados por pares publicados até 30 de junho de 2023, utilizando as palavras-chave mencionadas anteriormente, e foram selecionados apenas artigos escritos em inglês. A escolha dessas bases de dados foi baseada na qualidade e abrangência das informações acadêmicas disponíveis (ZHU; LIU, 2020). Na etapa de filtragem por relevância, foram selecionados artigos que se enquadravam no escopo do estudo, ou seja, abordavam a aplicação do LiDAR Aerotransportado no manejo de impacto reduzido na Amazônia. Essa seleção foi feita considerando títulos, resumos e palavras-chave. Foi realizada uma filtragem para exclusão de trabalhos que não estavam relacionados a temática.

Os artigos selecionados foram exportados no formato BibTeX (.bib). O critério de pesquisa considerou todo o período entre 1945 e 2023 na WoS e entre 1960 e 2023 na Scopus. Ambos os indexadores retornaram registros a partir de 2016. As análises

bibliométricas foram realizadas no R Studio versão 4.3 com o pacote bibliometrix versão 4.1.2 e biblioshiny, um aplicativo que fornece uma interface web para o bibliometrix (ARIA; CUCCURULLO 2017). Na quarta etapa, biblioshiny e tidyverse (ggplot2) foram utilizados para criar mapas conceituais, redes de cocitação e outros gráficos. Os dados foram importados e transformados em data frame com um quadro de dados bibliográficos, em seguida foram excluídos os arquivos duplicados, com ocorrência nas duas bases de pesquisa. O parâmetro $k=10$ foi empregado para direcionar a análise aos primeiros 10 resultados.

Adicionalmente, foram examinados os tipos de publicação e a evolução da temática ao longo dos anos, observando-se a produção científica anual. A distribuição geográfica da produção científica por autor foi investigada, oferecendo um panorama dos países que lideram as pesquisas nessa temática. Foram identificados os artigos mais citados e periódicos onde os trabalhos foram publicados. Por fim, foi realizada a análise das palavras-chave usadas nos trabalhos, permitindo identificar os termos mais recorrentes sobre a temática.

3. RESULTADOS

A Figura 2 mostra que entre 2016 e 2023 foram publicados 41 artigos científicos de pesquisa sobre o uso do LiDAR aerotransportado em áreas sob regime de EIR na região amazônica. Além disso, foram encontrados dois artigos de revisão e uma errata.

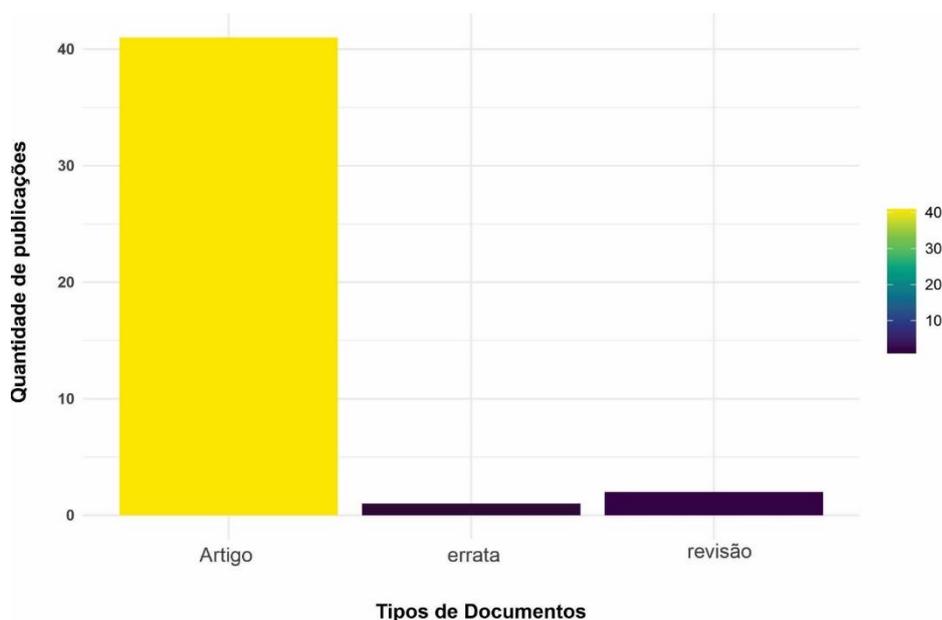


Figura 2. Tipos de documentos indexados nas bases de dados Scopus e Web of Science relacionados a aplicação do LiDAR Aerotransportado no manejo de impacto reduzido na Amazônia.

De acordo com a Figura 3, a primeira publicação sobre a utilização do LiDAR aerotransportado na EIR na Amazônia foi em 2016, além disso, o ano com a maior produção de artigos foi 2020, com 13 artigos publicados, seguido por 2019, com 6 artigos. Em contrapartida, 2016, 2017 e 2022 apresentaram menor produção, todos com 2 ou 3 artigos. A taxa de crescimento anual, calculada como a taxa média de crescimento ao longo desses anos, foi de 19.6%.

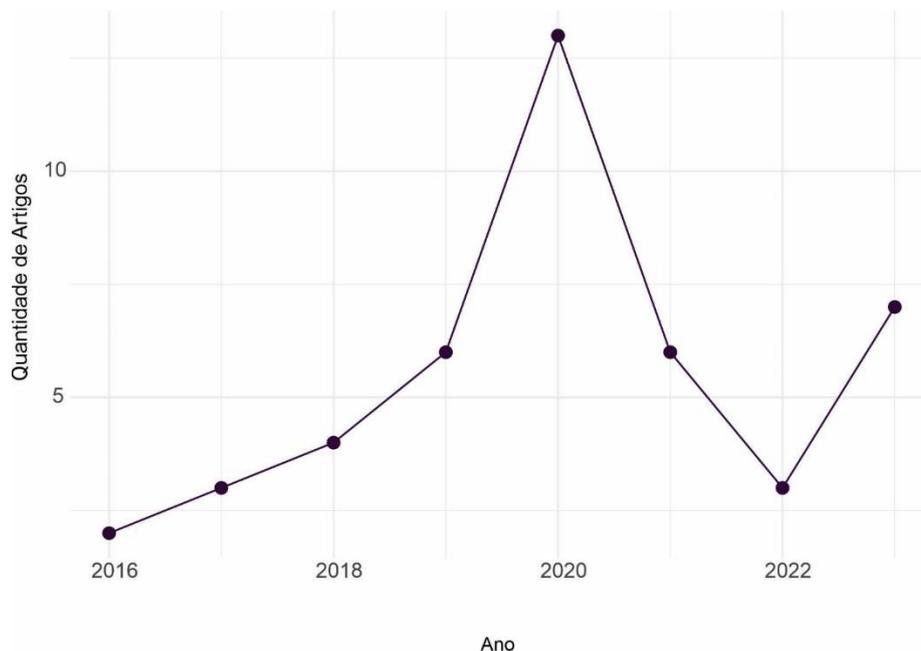


Figura 3. Número de artigos por ano, indexados nas bases de dados Scopus e Web of Science, relacionados a aplicação do LiDAR Aerotransportado no manejo de impacto reduzido na Amazônia.

Em relação aos autores mais produtivos (Figura 4), destaca-se SILVA CA com sete artigos publicados, representando 80,5% do total de artigos analisados. Em segundo lugar, KELLER M e HIGUCHI N ambos com seis artigos, contribuindo com 80% e 70,7% respectivamente. Adicionalmente, DE ALMEIDA DRA, LONGO M e PUTZ FE constam com cinco artigos, contribuindo com 70,7%, 66,6% e 61,7% respectivamente.

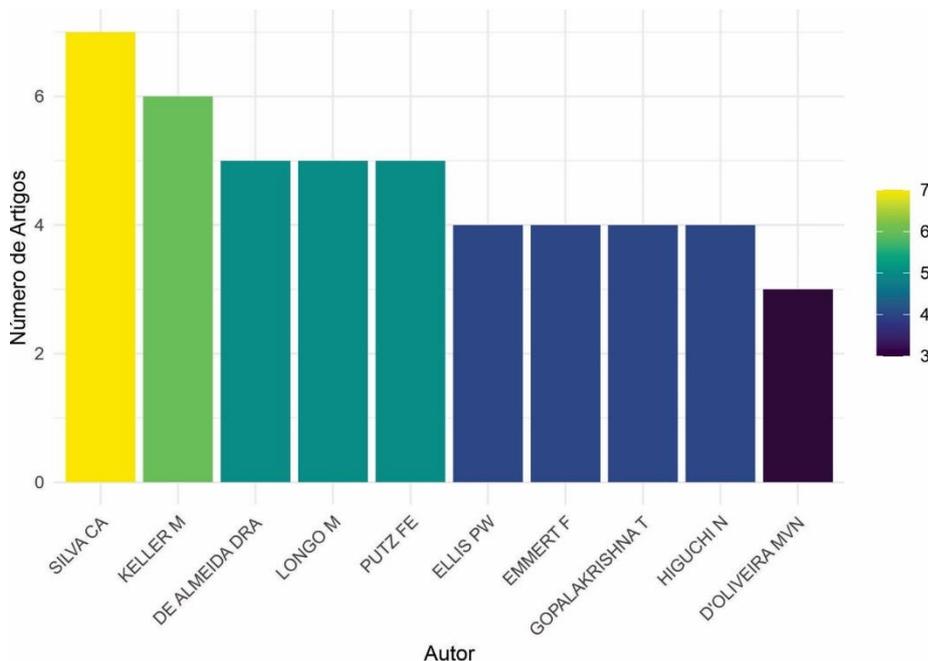


Figura 4. Autores com maior quantidade de estudos publicados e indexados nas bases de dados Scopus e Web of Science, relacionados a aplicação do LiDAR Aerotransportado no manejo de impacto reduzido na Amazônia.

Quanto a análise dos artigos (Figura 5), destacam-se os seguintes trabalhos: LONGO M (2016), com 95 citações, analisou a biomassa em florestas brasileiras intactas e degradadas; BAGARAM MB (2018), com 62 citações, investigou o uso de sensoriamento remoto por UAV para monitorar a biodiversidade; ELLIS PW (2019), com 52 citações, discutiu a exploração madeireira reduzida para mitigação das emissões em florestas tropicais; e SILVA CA (2017), com 47 citações, analisou os efeitos da densidade de pulsos de LiDAR em estimativas de biomassa em florestas tropicais seletivamente exploradas.

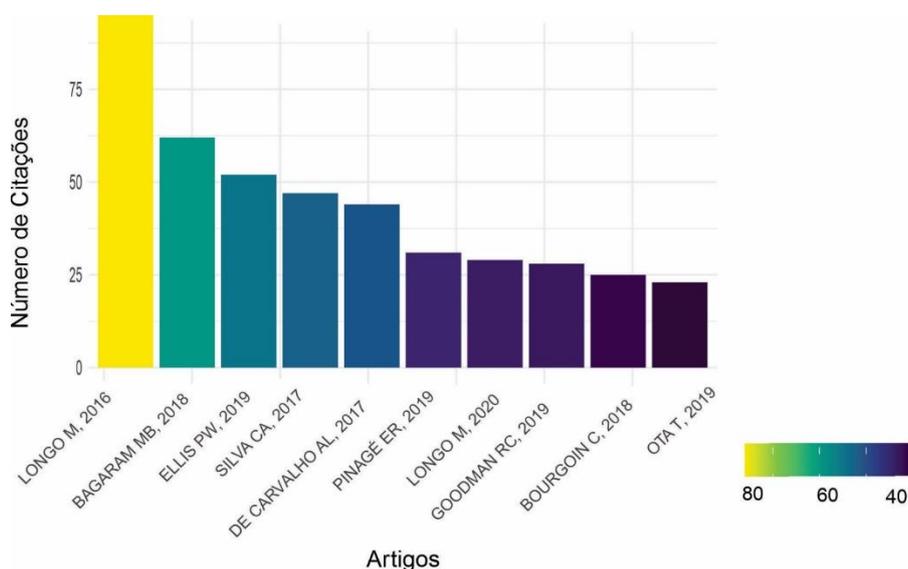


Figura 5. Artigos mais citados em estudos publicados e indexados nas bases de dados Scopus e Web of Science, relacionados a aplicação do LiDAR Aerotransportado no manejo de impacto reduzido na Amazônia.

"Forests and Global Change" são referenciadas 2 vezes cada. Além disso, outras fontes como "Anuário do Instituto de Geociências", "Aquatic Ecology", "Biotropica", "Canadian Journal of Forest Research" e "Croatian Journal of Forest Engineering" têm uma 1 citação.

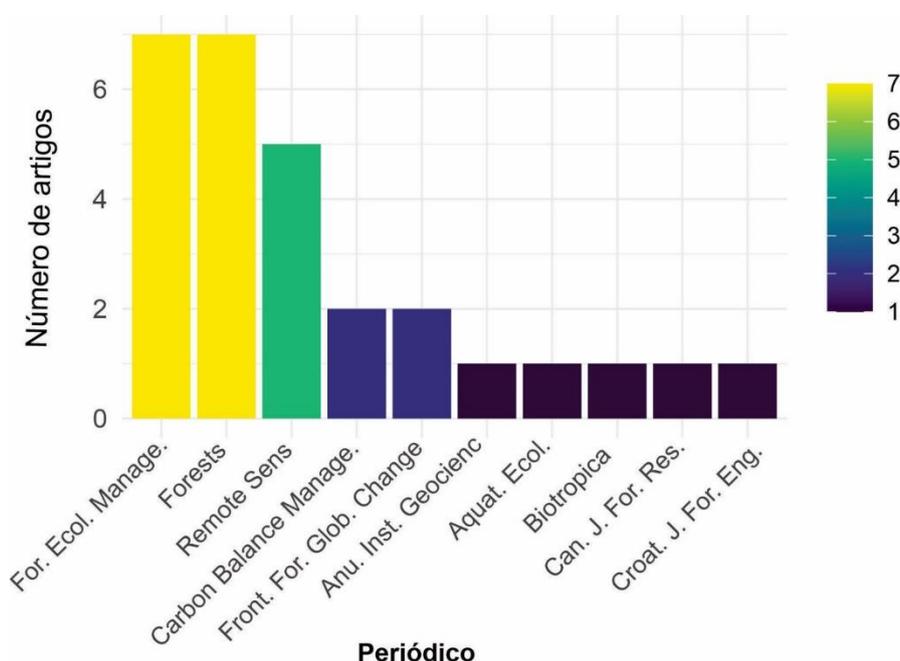


Figura 6. Fontes mais Relevantes em Artigos Científicos indexados nas bases de dados Scopus e Web of Science, relacionados a aplicação do LiDAR Aerotransportado no manejo de impacto reduzido na Amazônia.

A análise dos principais correspondentes em artigos científicos durante o período em questão, revela a distribuição dos países dos autores em termos de frequência e proporção (Figura 7). O Brasil lidera com 18 artigos, representando 43,9% do total. Dos 18 artigos brasileiros, 9 foram os mais citados e os mais citantes (MCP), resultando em uma proporção MCP de 50%. Os Estados Unidos (EUA) têm uma presença significativa com 14 artigos (34,15%), sendo 2 MCP e 12 SCP, com uma proporção MCP de 85,7%. A França contribui com 2 artigos (4,88%), todos SCP, resultando em uma proporção MCP de 1. Além disso, outros países como Austrália, Canadá, Equador, Alemanha, Japão, Suécia e Reino Unido têm 1 artigo correspondente principal, todos com proporção MCP de 1.

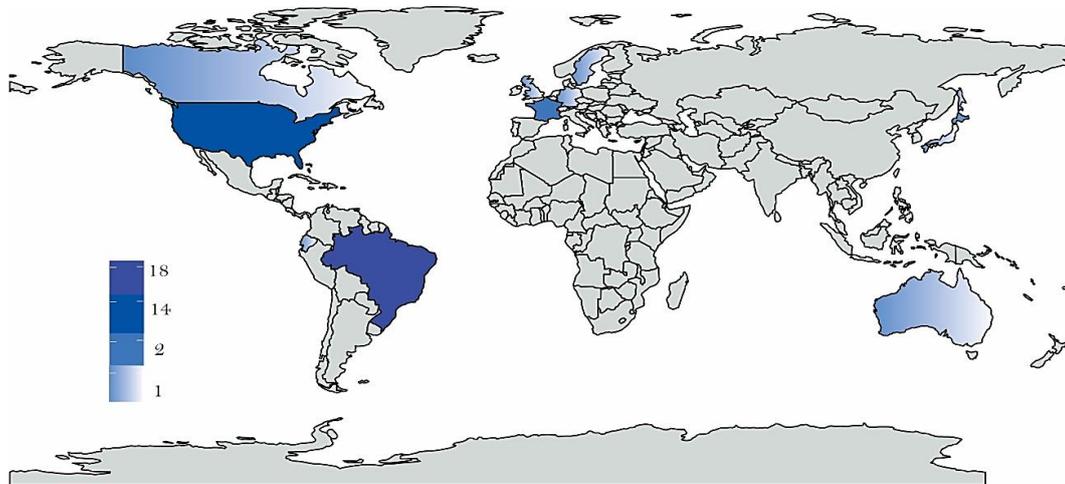


Figura 7. Distribuição geográfica em escala mundial dos estudos (expressos em número absoluto), indexados nas bases de dados Scopus e Web of Science, relacionados a aplicação do LiDAR Aerotransportado no manejo de impacto reduzido na Amazônia.

A análise das citações em artigos científicos durante o período analisado (Figura 8), mostra que os Estados Unidos (EUA) lideram acumulando um total de 270 citações atribuídas aos seus artigos, com uma média de 19,3 citações por artigo. O Brasil também se destaca, com um total de 239 citações em seus artigos, com uma média de 13,3 citações por artigo, indicando uma contribuição significativa para a pesquisa científica global. A França, por sua vez, recebeu um total de 47 citações, com uma média de 23,5 citações por artigo. A Austrália, com 31 citações no total e uma média de 31,0 citações por artigo, também se destaca. A Suécia, com 28 citações em média por artigo e o Japão, com uma média de 23,0 citações por artigo e um total de 23 citações.

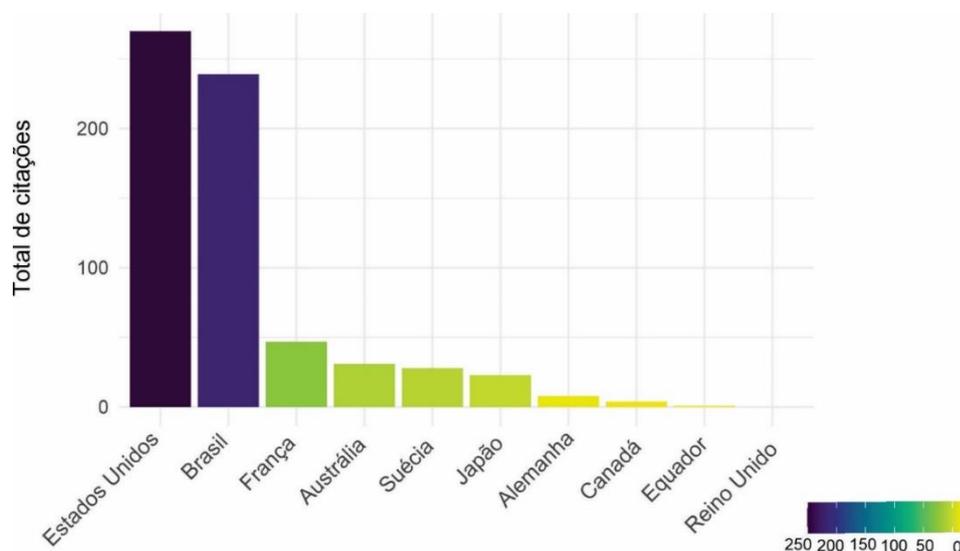


Figura 8. Representação dos países mais citados sobre aplicação do LiDAR Aerotransportado no manejo de impacto reduzido na Amazônia

A Figura 9 apresenta uma nuvem de palavras que destaca as palavras-chave mais frequentemente utilizadas nos artigos analisados. A frequência de cada palavra-chave é representada pelo tamanho da palavra, e a proximidade entre as palavras reflete sua inter-relação ao longo do período de estudo.



Figura 9. Palavras-chave mais utilizadas em estudos publicados e indexados nas bases de dados Scopus e Web of Science, relacionados a aplicação do LiDAR Aerotransportado no manejo de impacto reduzido na Amazônia.

Entre as palavras-chave mais relevantes destacam-se termos como "Exploração seletiva" e "Degradação florestal" que aparecem respectivamente 11 e 10 vezes nos artigos. Além disso, palavras-chave como "Amazônia", "Exploração de impacto reduzido" e "Sensoriamento remoto" são mencionadas oito vezes cada. Outros termos importantes incluem "Lidar" mencionado seis vezes, "Floresta tropical" e "Estrutura florestal" ambas citadas cinco vezes. A análise revela a ênfase dada a tópicos como dinâmica florestal e manejo florestal sustentável, mencionados três vezes cada nos artigos. Essas palavras-chave refletem as principais áreas de pesquisa e interesse dentro do tema abordado pelos artigos.

4. DISCUSSÃO

O baixo número de publicações no período de 2016 a 2023 que utilizaram o LiDAR na avaliação da EIR em planos de manejo florestal na região amazônica (Figura 2) sugerem a necessidade de conduzir mais pesquisas sobre esse tema. Isso ocorre porque o número de artigos encontrados é notavelmente menor em comparação com pesquisas similares, como o estudo realizado por Alvites *et al.* (2022). Neste último caso, os autores identificaram um total de 304 artigos sobre o uso de LiDAR em escala global na avaliação de sortimentos de madeira no período de 2000 a 2021.

Quanto aos dados mostrados na Figura 3, há um indicativo de aumento crescente no interesse dos pesquisadores na aplicação da tecnologia LiDAR aerotransportada na EIR na região amazônica. Esse crescimento na produção de artigos ao longo do tempo segue um padrão típico em campos de pesquisa que continuam a atrair a atenção da comunidade acadêmica (FARRUKH *et al.*, 2020). Essas descobertas estão alinhadas com estudos similares realizados por Abad-Segura *et al.* (2020), que também notaram um aumento expressivo na produção científica relacionada ao uso de tecnologias de sensoriamento remoto em aplicações ambientais. Essa tendência global sugere que a crescente adoção de abordagens como o LiDAR aerotransportado reflete a busca generalizada por soluções tecnológicas para enfrentar desafios complexos na gestão sustentável de ecossistemas naturais (ANTAH *et al.*, 2021).

Esse aumento no uso é apoiado pelo fato de que sistemas LiDAR, por exemplo, fornecem medições estatisticamente válidas e representativas das árvores, aspecto crucial para apoiar inventários florestais e o manejo sustentável de florestas em níveis local, regional e nacional (FRANK; MAURO; TEMESGEN, 2020). Essas informações sugerem a provável emergência de novos autores influentes nos próximos anos, à medida que a produção geral continua a crescer, refletindo um renovado interesse dos pesquisadores pelo tema (ARAUJO *et al.*, 2023).

Os autores mais produtivos mostrados na Figura 4 têm afiliações em universidades dos Estados Unidos, como a Universidade da Flórida e a Universidade de Maryland, bem como em instituições de pesquisa brasileiras, incluindo o Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) e o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Notavelmente, um único autor, SILVA CA, contribuiu significativamente, representando 80,5% do total de artigos analisados. Essa concentração de estudos em um grupo seleto de pesquisadores

pode refletir a especialização deles e a falta de diversidade de cientistas trabalhando nesse campo, como apontado por Wulder *et al.* (2012).

Neste contexto, embora tenham sido feitos esforços para simplificar o uso de dados LiDAR em pesquisas florestais, ainda é necessário profissionais altamente especializados para lidar com diferentes sistemas LiDAR de detecção remota e processamento dos dados brutos, conforme indicado por França *et al.* (2022). Especificamente, no campo do manejo florestal, os desafios estão relacionados às novas demandas regionais e à integração com as inovações tecnológicas. Isso pode explicar a escassez de pesquisas na área de planejamento florestal espacial e manejo da paisagem em comparação com outras áreas da engenharia florestal. A relevância global da região amazônica como um centro crítico para questões de conservação ambiental e exploração sustentável é destacada por Araújo *et al.* (2023), o que atrai ampla atenção e pesquisa de diversas instituições em todo o mundo.

A análise das publicações mais citadas (Figura 5) revela que os estudos que utilizaram LiDAR na EIR estão concentrados na floresta manejada, incluindo estoques de biomassa, monitoramento das atividades de manejo florestal e emissões de gases de efeito estufa. Esses resultados coincidem com trabalhos anteriores na região amazônica, destacando que a pesquisa mais amplamente abordada trata de questões ecológicas, ambientais e biológicas, apoiando a compreensão do uso da terra e a tomada de decisões (BURBANO *et al.*, 2021). No entanto, é importante ressaltar que a quantidade de citações não reflete necessariamente a relevância intrínseca de um artigo (EE, 2023), sendo influenciada por diversos fatores, como a popularidade do autor e o crescente interesse no tópico ao longo do tempo, o que pode explicar o número significativo de citações mesmo em artigos recentes (ZHANG *et al.*, 2017).

As revistas mais citadas (Figura 6) tem seus scopus direcionados a ecologia florestal, manejo de florestas e sensoriamento remoto. A seleção criteriosa dessas fontes ressalta a qualidade e relevância delas no cenário acadêmico. Isso está alinhado com a observação de Antonakis *et al.* (2014) de que pesquisas que despertam interesse frequentemente se baseiam em questões teóricas e metodológicas sólidas, sendo o número de citações associado à relevância tanto da pesquisa quanto do pesquisador (ARAUJO *et al.*, 2023). Esses resultados também coincidem com o estudo de Zhang *et al.* (2022) que identificou "Forest Ecology and Management" como o periódico mais citado em estudos relacionados

ao Manejo Florestal. Isso sugere o reconhecimento dessas revistas como fontes confiáveis e pertinentes para pesquisas relacionadas a temas florestais.

A liderança do Brasil na pesquisa sobre o uso de LiDAR para estudar aspectos relacionados a EIR na Amazônia (Figura 7) pode ser atribuída a diversos fatores. O país abriga a maior floresta tropical do mundo, criando um ambiente propício para estudos relacionados ao manejo de impacto reduzido e sensoriamento remoto (ARAUJO *et al.*, 2023). Além disso, o Brasil tem apresentado desenvolvimento no campo do sensoriamento remoto, com instituições de pesquisa e autores dedicados ao tema. Por outro lado, os Estados Unidos têm tradição e realizado crescentes investimentos em pesquisa e desenvolvimento nessa área, bem como presença de instituições de pesquisa de alto nível focadas no assunto (ZHANG; ZHAO, 2022). Ambos os países desempenham papéis cruciais no avanço da tecnologia LiDAR e na compreensão dos ecossistemas florestais. É importante destacar que a liderança do Brasil nesse campo contrasta com pesquisas sobre a utilização do sensoriamento remoto em outros tipos de ambientes, onde geralmente os países desenvolvidos são os principais contribuintes (ALVITES *et al.*, 2022; JOMBO *et al.*, 2023).

Conforme indicado na Figura 8, os Estados Unidos lideram como o país com o maior número de citações, isso é corroborado por Gomez, Herman e Parigi (2022), que destacam a liderança dos Estados Unidos na pesquisa científica. Essa liderança reflete o domínio das instituições de pesquisa e universidades americanas, bem como o investimento em pesquisa e desenvolvimento nos EUA. Portanto, a alta frequência de citações dos artigos americanos é, em parte, atribuída a esses fatores (ZHANG; ZHAO, 2022).

A nuvem de palavras-chave (Figura 9) revela as palavras-chave mais frequentemente utilizadas nos artigos. A seleção de palavras-chave em um manuscrito desempenha um papel crucial na comunicação eficaz da essência do estudo e na facilitação da descoberta desses artigos em bases de dados bibliográficas, como destacado por Lu *et al.* (2020). Essa análise sugere que as pesquisas sobre LiDAR aerotransportado e sensoriamento remoto estão focadas na caracterização da vegetação, na medição da estrutura da floresta e na avaliação do impacto do manejo florestal e das mudanças climáticas. Essas pesquisas são importantes para o desenvolvimento de estratégias de manejo florestal sustentável, conforme descrito por Beland *et al.* (2019).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo identificou uma lacuna na literatura sobre o uso de LiDAR aerotransportado em áreas de EIR na Amazônia. A concentração de estudos produzidos por um grupo seleto de pesquisadores e a falta de diversidade de instituições de pesquisa destacam a necessidade de maior investimento nesse campo. A região amazônica continua sendo um centro crítico para questões de conservação ambiental e exploração sustentável, e as pesquisas sobre EIR contribuem para uma compreensão fundamental do uso da terra e apoiam a tomada de decisões relacionadas à gestão florestal e conservação. Este cenário aponta para uma oportunidade para novos pesquisadores e instituições de pesquisa explorarem esse campo e contribuir para o conhecimento existente.

REFERÊNCIAS

- ABAD-SEGURA, E. (2020). Remote Sensing Applied in Forest Management to Optimize Ecosystem Services: Advances in Research. **Forests**, 11, 969.
- ALVITES, C. et al. (2022). LiDAR as a Tool for Assessing Timber Assortments: A Systematic Literature Review. **Remote Sensing**, 14(18), 4466.
- ANTAH, F. H. et al. (2021). Perceived Usefulness of Airborne LiDAR Technology in Road Design and Management: A Review. **Sustainability**, 13(21), 11773.
- ANTONAKIS, J. et al. (2014). What makes articles highly cited? The Leadership Quarterly. **Journal of Informetrics**, 25(1), 152-179.
- ARAUJO, E. C. G. et al. (2023). Global review and state-of-the-art of biomass and carbon stock in the Amazon. **Journal of Environmental Management**, 331, 117251
- ARIA, M.; CUCCURULLO, C. (2017). bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. **Journal of Informetrics**, 11(4), 959-975.
- BELAND, M. et al. (2019). On promoting the use of lidar systems in forest ecosystem research. **Forest Ecology and Management**, 450, 117484.
- BURBANO, M. N. et al. (2021). Worldwide Research on Land Use and Land Cover in the Amazon Region. **Sustainability**, 13.
- CHIU, W. T.; HO, Y. S. (2007). Bibliometric analysis of tsunami research. **Scientometrics**, 73, 3–17.
- D'OLIVEIRA, M. V. N. et al. (2012). Estimating forest biomass and identifying low-intensity logging areas using airborne scanning lidar in Antimary State Forest, Acre State, Western Brazilian Amazon. **Remote Sensing of Environment**, 124, 479-491.

-
- DONTU, N. et al. (2021). Providing an overview and guidance on performing bibliometric analyses. **Journal of Business Research**, 133, 285-296.
- EE,C (2023). Article's scientific prestige: Measuring the impact of individual articles in the web of science. **Journal of Informetrics**. 17,101379.
- FARRUKH, M. et al. (2020). Three decades of research in the technology analysis & strategic management: a bibliometrics analysis. **Technology Analysis & Strategic Management**. 989-1005.
- FRANÇA, L. C. de J. et al. (2022). Forest Landscape Planning and Management: A State-of-the-Art Review. **Trees, Forests and People**, 8(1), 100275.
- FRANK ,B., MAURO,F., TEMESGEN, H. (2020).Model-Based Estimation of Forest Inventory Attributes Using Lidar: A Comparison of theArea-Based and Semi-Individual Tree Crown Approaches. **Remote sensing**. 12, 2525.
- GOMEZ, C. J. et al. (2022). Leading countries in global science increasingly receive more citations than other countries doing similar research. **Nature Human Behaviour**, 6, 919–929.
- GÖRGENS, E. B. et al. (2020). Automated operational logging plan considering multi-criteria optimization. **Computers and Electronics in Agriculture**, 170, 105253.
- JOMBO, S. et al. (2023). Remote Sensing Application in Mountainous Environments: A Bibliographic Analysis. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, 20(4), 3538.
- LIU, C.; ZHOU, Y. (2022). The impact of China's rise on global science: A bibliometric analysis. **Scientometrics**, 122(2), 999-1012.
- LU, W.; LIU, Z.; HUANG, Y.; BU, Y.; LI, X.; CHENG, Q. (2020). How do authors select keywords? A preliminary study of author keyword selection behavior. **Journal of Informetrics**, 14(4), 101066.
- MARSELIS, S. M. et al. (2020). Evaluating the potential of full-waveform lidar for mapping pan-tropical tree species richness. **Global Ecology and Biogeography**, 29(10), 1799-1816.
- MICHAŁOWSKA, M.; RAPIŃSKI, J. (2021). A Review of Tree Species Classification Based on Airborne LiDAR Data and Applied Classifiers. **Remote Sensing**, 13(3), 353.
- PIPONIOT, C. et al. (2019). Optimal strategies for ecosystem services provision in Amazonian production forests. **Environmental Research Letters**, 14(12), 1-13.
- SCHAWARTZ, G.; FALKOWSKI, V.; PEÑA-CLAROS, M. (2017). Natural regeneration of tree species in the Eastern Amazon: Short-term responses after reduced-impact logging. **Forest Ecology and Management**, 385, 97-103.
- WULDER, M.A. et al. (2012). Lidar Sampling for Large-Area Forest Characterization: A Review. **Remote Sensing of Environment**, 121, 196–209.

ZHANG, W.; ZHAO, L. (2022). The track, hotspot and frontier of international hyperspectral remote sensing research 2009–2019: A bibliometric analysis based on SCI database. **Measurement**, 187, 110229.

ZHU, J.; LIU, W. A tale of two databases: The use of Web of Science and Scopus in academic papers. **Scientometrics**, v. 123, n. 1, p. 321-335, 2020.