

Cristina Aledi Felsemburgh
(Organizadora)

ENGENHARIA FLORESTAL:

Resultados das pesquisas e inovações tecnológicas



Cristina Aledi Felsemburgh
(Organizadora)

ENGENHARIA FLORESTAL:

Resultados das pesquisas e inovações tecnológicas



Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-Não-Derivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial**Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Profª Drª Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná



Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista



Engenharia florestal: resultados das pesquisas e inovações tecnológicas

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Maiara Ferreira
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizadora: Cristina Aledi Felsemburgh

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E57 Engenharia florestal: resultados das pesquisas e inovações tecnológicas / Organizadora Cristina Aledi Felsemburgh. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-258-0554-2

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.542221908>

1. Engenharia florestal. I. Felsemburgh, Cristina Aledi (Organizadora). II. Título.

CDD 634.928

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br



Atena
Editora
Ano 2022

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



APRESENTAÇÃO

É com enorme prazer que apresentamos o e-book “Engenharia florestal: Resultados das pesquisas e inovações tecnológicas” elaborado para a divulgação de resultados e avanços relacionados às Ciências Florestais. O e-book está disposto em 1 volume subdividido em 05 capítulos. Os capítulos estão organizados de acordo com a abordagem por assuntos relacionados às diversas áreas da Engenharia Florestal. Em uma primeira parte, os capítulos estão de forma a atender as áreas voltadas às tecnologias no setor florestal para mensuração de árvores de forma rápida, menos onerosa e degradante ao ambiente florestal além de informações bibliográficas da geotecnologia no levantamento e estimativas de biomassa e estoque de carbono. E em uma segunda parte, os trabalhos estão estruturados aos temas relacionados aos tratos silviculturais, crescimento das espécies arbóreas, influência e interação da edafoclimatologia na ecologia das espécies. Desta forma, o e-book “Engenharia florestal: Resultados das pesquisas e inovações tecnológicas” apresenta relevantes e promissores resultados realizados por professores e acadêmicos que serão dissertados nesta obra de forma didática. Agradecemos o empenho e dedicação de todos os autores por partilharem ao público os resultados dos trabalhos desenvolvidos por seus grupos de pesquisa. Esperamos que os trabalhos aqui apresentados possam estimular e inspirar outros estudos voltados às Ciências Florestais.

Cristina Aledi Felseburgh

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

APLICAÇÃO DO CRITERION RD 1000 PARA A COLETA DE DADOS DE CUBAGEM NÃO DESTRUTIVA

Thaila Heberle

Thiago Floriani Stepka

Marcos Felipe Nicoletti

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5422219081>

CAPÍTULO 2..... 16

GEOTECNOLOGIAS EMPREGADAS NO INVENTÁRIO DE BIOMASSA E CARBONO EM FLORESTAS: UMA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA

Paulo Henrique de Souza

Marcos Vinicius Winckler Caldeira

William Macedo Delarmelina

Gabriel Soares Lopes Gomes


Robert Gomes

Victor Braga Rodrigues Duarte

Hivo Reblin Eufrazio

Cássia dos Santos Azevedo

Marcello Zatta Péres

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5422219082>

CAPÍTULO 3..... 25

PROPRIEDADES QUÍMICAS DO SOLO EM POVOAMENTO DE *Schizolobium parahyba* VAR. *amazonicum* EM DIFERENTES ESPAÇAMENTOS

Francielle Santana de Oliveira

Marcos Vinicius Winckler Caldeira

Paulo André Trazzi

Robert Gomes


Matheus Lopes Souza

Gabriel Soares Lopes Gomes

Cássia dos Santos Azevedo

Hivo Reblin Eufrazio

Marcello Zatta Péres

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5422219083>

CAPÍTULO 4..... 38

CARACTERIZAÇÃO DA FERTILIDADE DO SOLO EM POVOAMENTOS DE LEGUMINOSA ARBÓREA

Robert Gomes

Marcos Vinicius Winckler Caldeira


Paulo André Trazzi

Francielle Santana de Oliveira

Gabriel Soares Lopes Gomes

Cássia dos Santos Azevedo

Marcello Zatta Pères
Jéssica Tetzner de Oliveira
Victor Braga Rodrigues Duarte

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5422219084>

CAPÍTULO 5..... 51

EXISTE RELAÇÃO DOS ELEMENTOS CLIMÁTICOS COM A DEPOSIÇÃO DE SERAPILHEIRA EM PLANTIO DE *Eucalyptus*?

Marcos Vinicius Winckler Caldeira
Roberto Rorras dos Santos Moura
David Pessanha Siqueira
Elzimar de Oliveira Gonçalves
Hivo Rebin Eufrasio
Tiago de Oliveira Godinho
Adelson Lemes da Silva Júnior
Júlio César Tannure Faria

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5422219085>

SOBRE A ORGANIZADORA..... 66

ÍNDICE REMISSIVO..... 67

CAPÍTULO 2

GEOTECNOLOGIAS EMPREGADAS NO INVENTÁRIO DE BIOMASSA E CARBONO EM FLORESTAS: UMA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA

Data de aceite: 01/08/2022

Data de submissão: 10/06/2022

Paulo Henrique de Souza

Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais –
IF do Sudeste de Minas Gerais – Campus Rio
Pomba
Rio Pomba, MG
<https://orcid.org/0000-0003-1932-8949>

Marcos Vinicius Winckler Caldeira

Universidade Federal do Espírito Santo
Jerônimo Monteiro, ES
<http://orcid.org/0000-0003-4691-9891>

William Macedo Delarmelina

Instituto Federal do Espírito Santo – Campus
Ibatiba
Ibatiba, ES
<https://orcid.org/0000-0001-9347-9441>

Gabriel Soares Lopes Gomes

Universidade Federal do Espírito Santo
Jerônimo Monteiro, ES
<https://orcid.org/0000-0002-3211-3929>

Robert Gomes

Universidade Federal do Espírito Santo
Jerônimo Monteiro, ES
<https://orcid.org/0000-0003-3004-0049>

Victor Braga Rodrigues Duarte

Universidade Federal do Espírito Santo
Jerônimo Monteiro – ES
<https://orcid.org/0000-0002-4958-6810>

Hivo Reblin Eufrasio

Universidade Federal do Espírito Santo
Jerônimo Monteiro – ES
<https://orcid.org/0000-0002-5707-6693>

Cássia dos Santos Azevedo

Universidade Federal do Espírito Santo
Jerônimo Monteiro – ES
<https://orcid.org/0000-0001-5835-319X>

Marcello Zatta Péres

Universidade Federal do Espírito Santo
Jerônimo Monteiro – ES
<https://orcid.org/0000-0001-8030-8619>

RESUMO: A preocupação com a ocorrência de eventos climáticos extremos vem tornando-se recorrente na atualidade. O uso de geotecnologias é uma ferramenta indispensável para a análise desses cenários, já que garantem precisão, agilidade e baixo custo. Neste estudo, objetivou-se conhecer a evolução dos estudos desta ciência para inventariar biomassa e carbono em florestas. O método escolhido foi a revisão bibliométrica, sendo este dividido em cinco etapas. A base de dados escolhida nesta pesquisa foi o Science Direct (Elsevier). A busca foi realizada para as áreas de Agricultura e Ciências Biológicas; Ciências Ambientais; e Engenharia. No total, foram amostradas 37 publicações, todas em inglês. De modo geral, percebeu-se que as geotecnologias empregadas foram o Sistema de Informações Geográficas (SIG) e o Sensoriamento Remoto (SR). Além disso, foi observado o emprego das técnicas de geoprocessamento para grandes extensões de

terra, com o princípio de mapear as tipologias de cobertura da terra. Assim, a técnica do sensoriamento remoto constitui-se numa poderosa ferramenta na estimativa da biomassa e do estoque de carbono nas florestas. No entanto, para pequenas áreas, o seu uso pode apresentar menor precisão do que a determinação feita pelo método direto.

PALAVRAS-CHAVE: Bibliometria; Sensoriamento Remoto; Sequestro de Carbono; Sustentabilidade Florestal.

GEOTECHNOLOGIES APPLIED TO CARBON AND BIOMASS INVENTORY IN FORESTS: A BIBLIOMETRIC ANALYSIS

ABSTRACT: The concern with the occurrence of extreme climatic events has become recurrent nowadays. The use of geotechnologies is an indispensable tool for the analysis of these scenarios, since they guarantee precision, agility and low cost. The objective of this study was to understand the evolution of the studies of this science to inventory biomass and carbon in forests. The method chosen was a bibliometric review, divided into five stages. The database chosen for this research was the Science Direct database (Elsevier). The search was carried out focusing on areas such as Agriculture and Biological Sciences; Environmental Sciences; and Engineering. In total, 37 publications were sampled, all of them in English. In general, it was noticed that the geotechnologies employed were related to Geographic Information System (GIS) and Remote Sensing (RS). Furthermore, the employment of geoprocessing techniques was observed for large land extensions, with the principle of mapping land cover typologies. Thus, the remote sensing technique is a powerful tool in estimating biomass and carbon stock in forests. However, for small areas, its use may be less accurate than the direct method.

KEYWORDS: Bibliometrics; Remote Sensing; Carbon Sequestration; Forest Sustainability.

1 | INTRODUÇÃO

É cada vez mais recorrente na sociedade atual a preocupação com a ocorrência de eventos climáticos extremos relacionados ao aquecimento do planeta e as mudanças climáticas (GOMEZ-ZAVAGLIA; MEJUTO; SIMAL-GANDARA, 2020). Alinhado a isto, a comunidade científica tem desenvolvido diversas pesquisas a fim de entender este processo, e como evitá-lo ou reduzir os seus efeitos. Dentre os ecossistemas terrestres, as florestas, e seus solos, se destacam como grandes sumidouros de carbono, capazes de mitigar as emissões de CO₂ e a ação do efeito estufa (VOLKOVA et al., 2015).

Diversos estudos buscam quantificar o carbono estocado, tanto no solo, quanto na biomassa de formações florestais. Dentre as formas de quantificação, Sanquetta et al. (2014) citam que a quantificação da biomassa e do carbono pode ser feita de duas maneiras: 1) pelo método direto - onde o material investigado (árvore ou solo, por exemplo) é amostrado, pesado e determinado os teores de carbono; e 2) pelo método indireto - onde a biomassa e o carbono são determinados de forma indireta.

Devido à complexidade da superfície terrestre e das extensas áreas ocupadas pelas florestas, o uso de geotecnologias é indispensável para uma maior abrangência dos

estudos que visam inventariar os estoques de biomassa e carbono nestes ecossistemas (DA COSTA et al., 2020; OLIVEIRA et al., 2021). Utilizando as ferramentas corretas que garantam precisão, agilidade e baixo custo, estas novas metodologias se mostram extremamente valiosas para a comunidade científica e para a sociedade em geral.

A espacialização dos dados em mapas que anteriormente constituíam apenas ferramentas de localização, se tornaram uma ferramenta poderosa e rica em informações. Dentre estes avanços tecnológicos, o advento das geotecnologias, em especial o sensoriamento remoto e o Sistema de Informações Geográficas (SIG) se destacam (FITZ, 2008). Tratam-se de ferramentas interdisciplinares, com alto investimento tecnológico e replicabilidade.

Diante da importante contribuição das geotecnologias aplicadas na área florestal, esta revisão bibliométrica tem por objetivo conhecer a evolução dos estudos desta ciência para inventariar biomassa e carbono em florestas.

2 | METODOLOGIA

2.1 Método de pesquisa

A revisão bibliométrica ou bibliometria foi o método escolhido para esse estudo. Esta por sua vez, tem por objetivo realizar a busca por artigos relevantes dentro de uma temática específica. Ela distingue-se da revisão bibliográfica tradicional já que apresenta não apenas uma visão generalizada sobre um determinado assunto, mas é elaborada com o intuito de identificar e comparar as informações obtidas de uma base restrita de dados (MACEDO; BOTELHO; DUARTE, 2010).

2.2 Critérios de inclusão, fonte de dados e seleção de estudos

A estratégia para a elaboração da revisão bibliométrica sobre geotecnologias empregadas para inventariar biomassa e carbono em florestas compreendeu os seguintes passos:

1º passo - Escolha da base de dados

A base de dados escolhida nesta pesquisa foi o Science Direct (Elsevier). Esta base de dados é interessante, pois ela disponibiliza publicações da Elsevier e de outras editoras científicas, cobrindo as áreas de Ciências Biológicas, Ciências da Saúde, Ciências Agrárias, Ciências Exatas e da Terra, Engenharias, Ciências Sociais Aplicadas, Ciências Humanas e Letras e Artes.

2º passo - Escolha das palavras-chave

Optou-se por palavras-chave escritas em inglês. Isto porque os artigos, quando publicados em português, sempre apresentam a tradução do resumo na forma de *abstract*, aumentando a possibilidade de encontrar trabalhos relacionados ao tema de pesquisa.

Salienta-se ainda que, caso fossem utilizadas as palavras-chave em português, haveria o risco de artigos internacionais serem excluídos da pesquisa. As palavras-chave escolhidas foram: *forest*, *biomass*, *carbon*, sendo essas associadas no sistema de busca avançada com o termo *geoprocessing*.

A busca foi realizada para as áreas: Agricultura e Ciências Biológicas; Ciências Ambientais; e Engenharia. No total, foram amostradas 37 publicações.

3º passo - Aplicação do filtro de pesquisa “Journal”

Com a aplicação deste filtro foram encontrados 36 artigos de revistas científicas, dentre as 37 publicações observadas inicialmente (Figura 1).

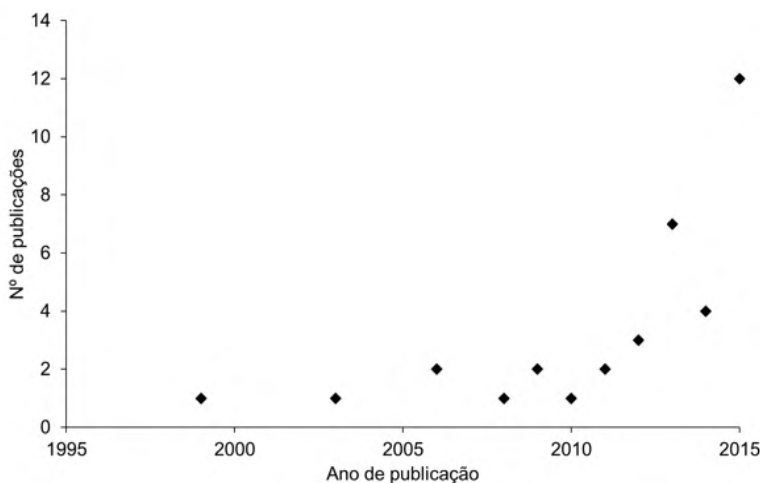


Figura 1 - Número de artigos publicados relacionadas com o tema geotecnologias empregadas para estimativa de biomassa e carbono em florestas.

Entre os anos de 1999 e 2011, os artigos relacionados ao tema não ultrapassaram duas publicações por ano. A partir do ano de 2012 houve um aumento considerável no número de artigos publicados, chegando a 12 no ano de 2015 (Figura 1).

Das 37 publicações, 32 foram divulgadas em 20 periódicos diferentes (Figura 2). Nove periódicos publicaram apenas 1 artigo cada um; dez periódicos publicaram 2 artigos cada um; e o *Forest Ecology and Management* se destacou dos demais periódicos, dispondo de 3 artigos publicados.

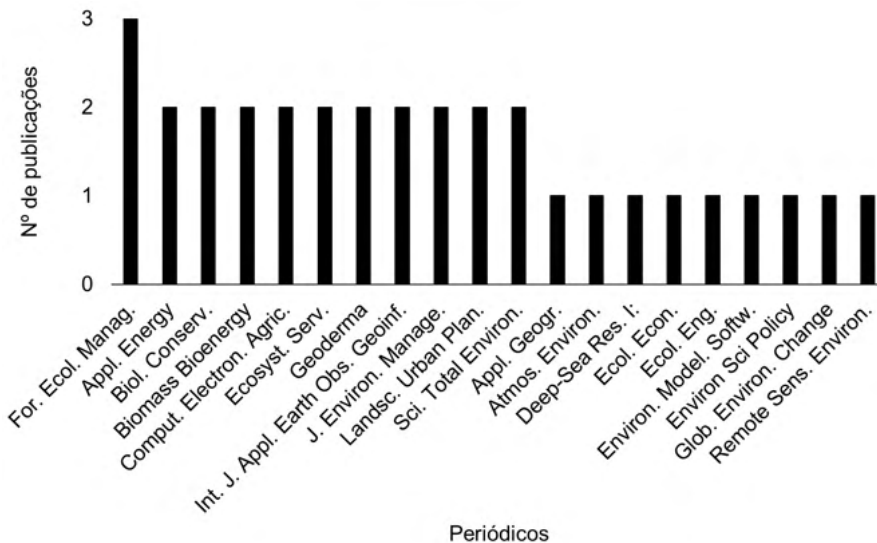


Figura 2 - Principais periódicos com os artigos relacionados a geotecnologias empregadas para estimativa da biomassa e carbono.

4º passo - Leitura dos títulos dos 36 artigos de jornal

A leitura dos artigos listados no passo anterior foi realizada para verificar a sua relação com o tema de pesquisa. Aplicando-se este critério, foram selecionados 16 artigos.

5º passo - Leitura do resumo e metodologia

De forma cuidadosa, realizou-se a leitura do resumo e metodologia dos 16 artigos selecionados para verificar a aderência com o tema de pesquisa. Posteriormente, foram selecionados 7 trabalhos científicos considerados elementares sobre geotecnologias empregadas para estimativa de carbono e biomassa em florestas.

6º passo - Análise dos artigos elementares

O último passo aplicado nesta revisão bibliométrica foi a análise crítica dos artigos selecionados a fim de sumarizar os tipos e características das geotecnologias empregadas e os principais resultados alcançados.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

De modo geral, percebeu-se que as geotecnologias empregadas foram o Sistema de Informações Geográficas (SIG) e o Sensoriamento Remoto (SR). Além disso, observou-se o emprego das técnicas de geoprocessamento para grandes extensões de terra, com o princípio de mapear as tipologias de cobertura da terra e, a partir da calibração com dados amostrais de biomassa e carbono obtidos em campo ou utilizando valores de referência, as estimativas destes parâmetros foram extrapoladas para a cena (área contemplada na imagem geoespacial).

Ao utilizarem veículos aéreos não tripulados (VANT), acoplados com sensores remotos, Zahawi et al. (2015) aplicaram uma metodologia denominada de “Ecosynth” em áreas de restauração de floresta tropical, com idade entre 7 e 9 anos, no sul da Costa Rica. Neste estudo, foram relacionadas alturas do dossel obtidas por meio da “Ecosynth” e a biomassa acima do solo obtida pelo método tradicional de inventário em campo. Os resultados encontrados mostraram forte correlação ($R^2 = 0,81$) entre estas variáveis, indicando que a metodologia adotada foi eficiente, além de ser mais rápida e menos dispendiosa do que o método tradicional.

O estudo realizado por Black et al. (2014) indicou a importância de estimar com maior precisão o carbono orgânico estocado nos solos sob florestas na Irlanda. Partindo de um modelo já existente e muito utilizado para estimar carbono orgânico no solo (COS) denominado de YASSO, estes autores utilizaram um banco de dados de COS que leva em consideração a variação espacial e altitudinal (obtido por meio de SIG) e incluindo estas, como variáveis dependentes, conseguiram calibrar este modelo, o que fez diminuir o resíduo e aumentar a sua precisão.

A metodologia empregada por Black et al. (2014) compreendeu o uso de um modelo de elevação digital com resolução de 50 m para produzir a elevação média dos pontos de amostragem e a função estatística do ArcGIS 9.3 para estimar a significância destas alturas por meio da análise de regressão. Numa análise crítica, este estudo mostra que a metodologia empregada combinou resoluções espaciais, ferramentas e modelos já existentes no meio científico, sendo a interação destes fatores a principal inovação alcançada.

Sob a ótica dos serviços ambientais prestados pelas florestas e diante da crescente demanda por áreas em função da expansão da agricultura, Tejada et al. (2015) utilizaram um modelo de espacialização denominado LuccME para prever o futuro do desmatamento em terras baixas na Bolívia. Este modelo permite o uso de escalas múltiplas, integrando várias entradas e resoluções espaciais. Nesse estudo, o desmatamento foi considerado como variável independente, enquanto as variáveis dependentes foram os fatores socioeconômicos, meio ambiente e conectividade entre as áreas.

Os resultados do trabalho citado acima apontaram que, em 2050, o cenário de devastação florestal para as terras baixas da Bolívia será equivalente a uma área de 17.698.786 ha. Além disso, o montante de áreas degradadas chegará aos 25.698.327 ha. Os autores ainda complementam que esta projeção pode ser alterada em função de ações e decisões políticas.

Ao analisar o trabalho realizado em Tejada et al. (2015), este tipo de pesquisa traz à comunidade, em geral, grande apreensão pelos vultosos valores de desmatamentos apresentados. No entanto, uma previsão da estimativa da taxa de desmatamento por um longo período é uma excelente ferramenta na tomada de decisões por parte dos governantes.

As florestas constituem grandes sumidouros de carbono e a conversão destas áreas para a agricultura, ainda mais com alto revolvimento de solo, pode acelerar a passagem do carbono para a atmosfera na forma de gás (CO₂) e contribuir para o aquecimento global do planeta (RAJÃO et al., 2020). Se forem realizadas medições em campo do estoque de carbono contido nas florestas das terras baixas da Bolívia, estes resultados podem ser correlacionados ao modelo de previsão geotecnológico utilizado por Tejada et al. (2015), possibilitando assim, estimar a quantidade de carbono emitido, para o ano 2050, nestes locais em função da mudança do tipo de cobertura da terra.

Com o objetivo de avaliar os serviços ambientais, Onaindia et al. (2013) utilizaram da técnica de SIG, por meio do *software* ArcGIS 9.3, para realizar o mapeamento do tipo de cobertura do solo e, dentre outros serviços, estimar a participação de cada tipo de cobertura no estoque de carbono. Neste estudo, não foram apresentados os valores absolutos da quantidade de carbono estocado por tipologia de cobertura do solo. Mas em termos relativos, as áreas de proteção integral representaram a maior quantidade do estoque de carbono.

A contribuição desse estudo, no que tange a geotecnologias aplicadas para estimar biomassa e carbono, vem com a utilização do SIG para delimitar o tamanho das áreas ocupadas por cada tipologia de cobertura do solo, que com a calibração feita por meio da determinação de carbono e estimativas de volumes, permitem a extrapolação da estimativa de carbono para extensas áreas.

No estudo realizado por Fearnside et al. (2009) fica claro o grande potencial das ferramentas geotecnológicas em contribuir nas estimativas de biomassa e estoque de carbono em grandes extensões de terras, como é o caso do “arco do desmatamento” na Amazônia brasileira (estados de Mato Grosso e Rondônia). A ferramenta utilizada nesse estudo foi o uso de mapas de classificação da vegetação da Amazônia na escala 1:250.000, com classificação temporal, obtidos por imagens de radar disponibilizadas pelo projeto RADAMBRASIL.

Os resultados obtidos nesse estudo apontaram que durante o período de 2006-2007 (um ano) 204 x 10³ ha de floresta e 30 x 10³ ha de cerrado foram derrubados em Mato Grosso, o que representa uma perda bruta de carbono da biomassa (acima + abaixo do solo) de 66,0 MgC e 1,8 x 10⁶ MgC, respectivamente. No mesmo período, em Rondônia, 130 x 10³ ha de floresta foram derrubados, representando uma perda bruta de 40,4 x 10⁶ MgC. Uma análise crítica sobre este artigo permite inferir que quanto maior a extensão de área da cena da imagem geotecnológica, mais eficientes devem ser os sensores e as plataformas de embarque destes para possibilitar que toda a área seja visualizada.

A tecnologia do sistema QGIS 2.2 foi utilizada por Häyhä et al. (2015) para mapear áreas de florestas em região montanhosa no norte da Itália a fim de valorar os serviços ambientais prestados por elas. Um desses serviços foi a taxa de sequestro de carbono que apresentou valores variando entre 1,4 e 12,0 tC ha⁻¹ ano⁻¹, sendo um dos motivos dessa

variação os diferentes tempos de vida (idade) dos fragmentos.

Por outro lado, ao utilizar o *software* GIS, Ward et al. (2014) realizaram um estudo para estimar o estoque global de carbono em pastagens de altitude e em áreas cobertas com vegetação arbustiva em todo o planeta. Os resultados deste trabalho apontaram para uma área de 9,38 milhões de km² de área de terras cobertas destes dois tipos de vegetação, correspondendo a um estoque estimado de carbono entre 60,5 e 82,8 Pg C (1 Pg equivale a 1 bilhão de toneladas de carbono).

4 | CONCLUSÃO

A técnica de sensoriamento remoto constitui-se numa ferramenta eficiente na estimativa da biomassa e do estoque de carbono nas florestas. Permite a obtenção de informações sobre uma ampla área geográfica e com menor custo e maior viabilidade, quando comparada à determinação feita diretamente em campo.

Para pequenas áreas (abaixo de 100 ha), a estimativa da biomassa e estoque de carbono pelo sensoriamento remoto pode apresentar menor precisão do que a determinação feita pelo método direto.

Pode-se observar nos trabalhos científicos que essa técnica tem sido utilizada para mapeamento e classificação das tipologias e dos estágios da floresta. A partir desses dados, é estimado o volume de madeira ou a quantidade de biomassa na área. Na sequência, o estoque de carbono tem sido estimado, na maioria dos casos, como sendo equivalente a 50 % da biomassa total.

REFERÊNCIAS

BLACK, K. et al. Improving forest soil carbon models using spatial data and geostatistical approaches. **Geoderma**, v. 232-234, p. 487-499, 2014.

DA COSTA, M. B. T. et al. Beyond trees: Mapping total aboveground biomass density in the Brazilian savanna using high-density UAV-lidar data. **Forest Ecology and Management**, v. 491, 119155, 2021.

FEARNSIDE, P. M. et al. Biomass and greenhouse-gas emissions from land-use change in Brazil's Amazonian "arc of deforestation": The states of Mato Grosso and Rondônia. **Forest Ecology and Management**, v. 258, n. 9, p. 1968-1978, 2009.

FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem complicação**. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 160 p.

GOMEZ-ZAVAGLIA, A.; MEJUTO, J. C.; SIMAL-GANDARA, J. Mitigation of emerging implications of climate change on food production systems. **Food Research International**, v. 134, 109256, 2020.

HÄYHÄ, T. et al. Assessing, valuing, and mapping ecosystem services in Alpine forests. **Ecosystem Services**, v. 14, p. 12-23, 2015.

MACEDO, M.; BOTELHO, L. DE L. R.; DUARTE, M. A. T. Revisão bibliométrica sobre a produção científica em aprendizagem gerencial. **Revista Gestão e Sociedade**, v. 4, n. 8, p. 21, 2010.

OLIVEIRA, I. M. S. et al. Potential wood stock in brazilian savanna using geotechnologies. **Ciência Florestal**, v. 31, n. 2, p. 766-785, 2021.

ONAINDIA, M. et al. Co-benefits and trade-offs between biodiversity, carbon storage and water flow regulation. **Forest Ecology and Management**, v. 289, p. 1-9, 2013.

RAJÃO, R. et al. The rotten apples of Brazil's agribusiness. **Science**, v. 369, n. 6501, p. 246-248, 2020.

SANQUETTA, C. R. et al. Estimativa de carbono individual para *Araucaria angustifolia*. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 44, n. 1, p. 1-8, 2014.

TEJADA, G. et al. Deforestation scenarios for the Bolivian lowlands. **Environmental Research**, v. 144, p. 49-63, 2015.

VOLKOVA, L. et al. Empirical estimates of aboveground carbon in open eucalyptus forests of south-eastern Australia and its potential implication for national carbon accounting. **Forests**, v. 6, n. 1, p. 3395-3411, 2015.

WARD, A. et al. A global estimate of carbon stored in the world's mountain grasslands and shrublands, and the implications for climate policy. **Global Environmental Change**, v. 28, p. 14-24, 2014.

ZAHAWI, R. A. et al. Using lightweight unmanned aerial vehicles to monitor tropical forest recovery. **Biological Conservation**, v. 186, p. 287-295, 2015.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Árvores 1, 2, 3, 4, 5, 6, 14, 15, 27, 28, 39, 41, 51, 53, 54, 62, 64

B

Biodiversidade 27, 66

Biomassa 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 27, 35, 39, 40, 49, 52, 55, 59, 60, 61, 62, 63

C

Carbono 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 26, 27, 29, 39, 41, 42, 45, 48, 49

Ciclagem de nutrientes 26, 27, 31, 39, 46, 51, 53, 63, 64, 65

Crescimento 27, 39, 40, 46, 48, 50, 52, 53

Cubagem 1, 2, 3, 4, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14

D

Decomposição 30, 40, 45, 48, 53, 54

Degradação 26, 27

Dendrômetro 14

Diâmetro 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 13, 14, 27, 54

Dossel 21, 61

E

Ecossistemas florestais 51, 53

Erosão 53

Espécies arbóreas 27, 40, 48

Estoque de nutrientes 55

Eucalipto 48, 49, 52, 61, 62, 64

F

Fertilidade 25, 26, 27, 28, 30, 34, 38, 39, 40, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 49, 63, 64

Fertilidade do solo 25, 26, 28, 38, 39, 40, 44, 46, 49, 63, 64

Florestal 1, 2, 4, 5, 14, 15, 17, 18, 21, 24, 28, 30, 36, 39, 44, 45, 46, 49, 50, 52, 53, 62, 64, 65, 66

Fuste 5, 12, 15

G

Geoprocessamento 16, 20, 23

I

Inventário florestal 5, 14

L

Leguminosa 38, 39, 45

M

Mensuração 1, 4, 5, 12, 13

Método direto 17, 23

Método indireto 17

N

Nutrientes 26, 27, 30, 31, 35, 39, 40, 44, 45, 46, 47, 49, 50, 51, 52, 53, 55, 58, 59, 60, 62, 63, 64, 65

P

Plantio 4, 25, 27, 28, 33, 35, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 50, 51, 53, 54

Povoamentos florestais 26, 38, 39, 45, 47

Produção florestal 53

Proteção ambiental 27

Q

Química do solo 39

R

Reflorestamento 25, 26, 27

S

Sensoriamento remoto 16, 17, 18, 20, 23

Sequestro de carbono 17, 22

Serapilheira 27, 31, 35, 49, 50, 51, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 60, 61, 62, 63, 64

Serviços ecossistêmicos 25, 27

Silvicultura 39, 40

Sistema de informações geográficas 16, 18, 20

Solo 17, 21, 22, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 33, 34, 35, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 58, 59, 60, 62, 63, 64, 65

Sustentabilidade florestal 17

T

Tratos silviculturais 38, 39

U

Uso do solo 25, 26

V


Volumetria 1


ENGENHARIA FLORESTAL:

Resultados das pesquisas e inovações tecnológicas

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 


[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 


www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

ENGENHARIA FLORESTAL:

Resultados das pesquisas e inovações tecnológicas

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 