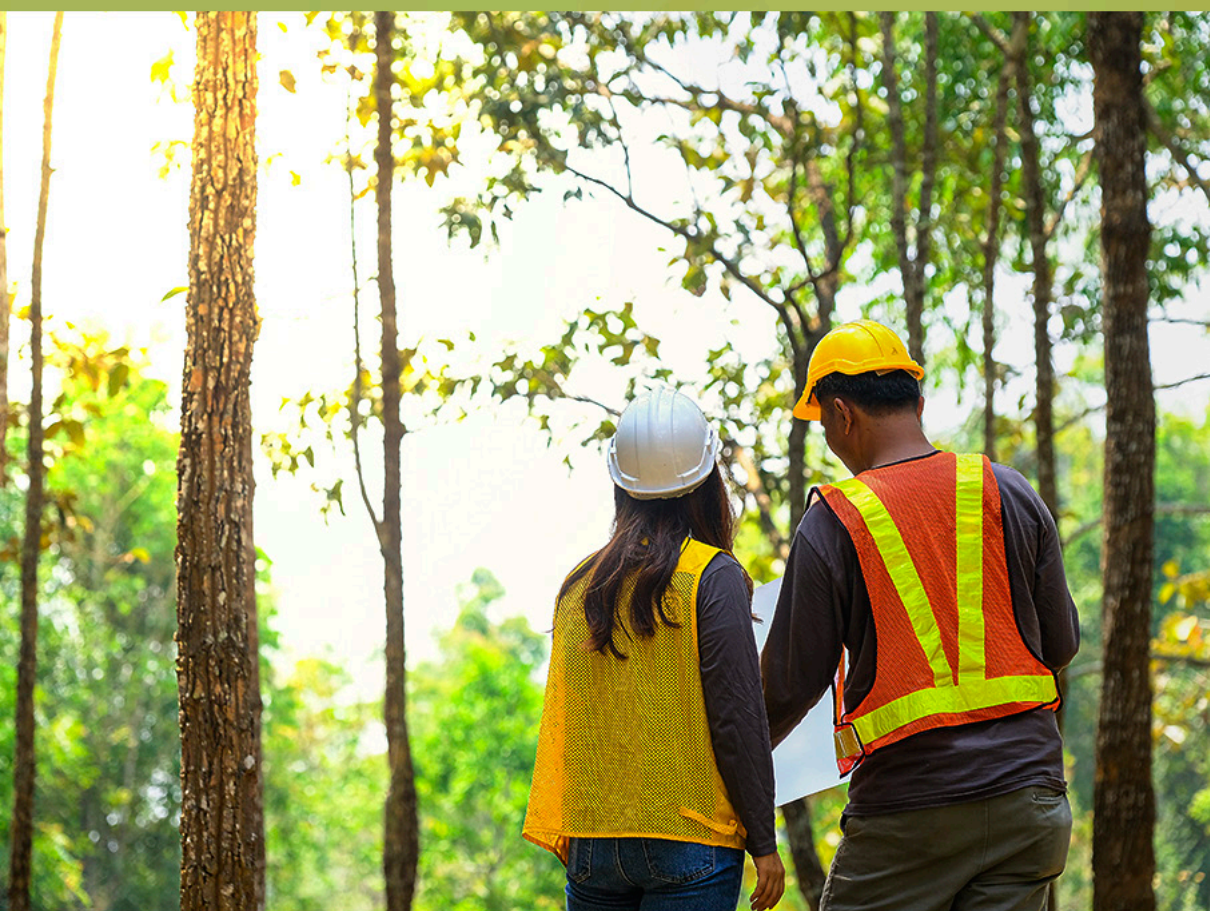


COLEÇÃO

DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

ENGENHARIA FLORESTAL 2



FELIPE SANTANA MACHADO
ALOYSIO SOUZA DE MOURA
(ORGANIZADORES)

Atena
Editora
Ano 2022

COLEÇÃO
DESAFIOS
DAS
ENGENHARIAS:

ENGENHARIA FLORESTAL 2



FELIPE SANTANA MACHADO
ALOYSIO SOUZA DE MOURA
(ORGANIZADORES)

Atena
Editora
Ano 2022

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Gabriel Motomu Teshima

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



Coleção desafios das engenharias: engenharia florestal 2

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Bruno Oliveira
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizadores: Felipe Santana Machado
Aloysio Souza de Moura

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C691 Coleção desafios das engenharias: engenharia florestal 2 /
Organizadores Felipe Santana Machado, Aloysio Souza
de Moura. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-958-2

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.582220802>

1. Engenharia florestal. I. Machado, Felipe Santana
(Organizador). II. Moura, Aloysio Souza de (Organizador). III.
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

A Engenharia Florestal é uma disciplina abrangente dentro da Engenharia que aborda, de modo geral, todos os aspectos fundamentais de ambientes florestais e seu entorno, visando à produção de bens provenientes de florestas naturais ou cultivadas para suprir a demanda de seus produtos, bem como conservação e preservação de água e solo, entre outras finalidades.

No Brasil, e mesmo no mundo, a Engenharia Florestal é um segmento amplo que aborda uma grande área de atuação, e suas bagagens vão desde seu manejo, ao conhecimento e entendimento de ecologia (suas interações), até a conservação e preservação.

A Engenharia Florestal e suas linhas de pesquisa são amplamente presentes no mundo atual, pois seus produtos gerados estão intimamente ligados ao cotidiano da vida humana uma vez que não conseguimos mais prosseguir sem a presença de papel, corantes, frutos, sementes, madeira, essências de perfumes, óleos, carvão, e também na produção de mudas de árvores para a restauração de áreas já exploradas e degradadas.

Este livro “Coleção desafios das engenharias: Engenharia florestal 2” é uma iniciativa internacional entre pesquisadores do Peru, Estados Unidos e Brasil, com participação da instituição peruana “Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios”, a instituição norte-americana “University of Idaho”, e as instituições brasileiras Universidade Federal do Tocantins (UFT), Instituto Federal do Tocantins (IFT), Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Universidade Federal Fluminense (UFF), Universidade Estácio de Sá (UES), Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro, (CBMERJ), Prefeitura Municipal de Nova Friburgo (PMNF RJ), Universidade de Brasília (UNB), Serviço Florestal Brasileiro (SFB), Universidade Federal de Lavras (UFLA), Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA), Universidade Federal do Oeste do Pará (CJUR/UFOPA) e Universidade Federal de Viçosa (UFV). Este livro surge com a finalidade de destacar algumas linhas de estudos da Engenharia Florestal e para o entendimento deste segmento em micro, meso e macro escala. Portanto, serão apresentados estudos, revisões e relatos com o objetivo de alinhar temas relacionados à área.

As linhas de pesquisa incluem relevantes temáticas como inflamabilidade do Cerrado com algumas de suas respectivas espécies florestais, implicações na saúde pública do fogo em áreas rurais, importância de casas feitas de madeira legal para habitações sociais, uso de sensoriamento remoto para detecção de incêndios florestais, valoração da vazão de bacias hidrográficas pós-precipitação, valoração de serviços ecossistêmicos, entre outras.

Reiteramos que esta obra apresenta estudos e teorias bem fundamentadas e embasadas de forma a alcançar os melhores resultados para os propostos objetivos.

Desejamos que este livro auxilie estudantes, leigos e profissionais a alcançar excelência em suas atividades quando utilizarem de alguma forma os capítulos para atividades educacionais, profissionais ou preservacionistas.

Ademais, assim como o volume 1, esperamos que esta obra possa fortalecer o movimento das engenharias, instigando e incentivando profissionais e pesquisadores às práticas que contribuam para a melhoria do ambiente e das paisagens nos quais são objeto de estudo de engenheiros, aos estudantes de engenharia e demais interessados.

Felipe Santana Machado


Aloysio Souza de Moura

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

OS INCÊNDIOS FLORESTAIS NA ÁREA RURAL E SUAS IMPLICAÇÕES NA SAÚDE PÚBLICA


Alexandre Diniz Breder
Amanda Almeida Fernandes Lobosco
Humberto Rodrigues Delegave Moura
Rodrigo Cosendey Maia
Viviane Faria Novaes
Janaina Luiza dos Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5822208021>

CAPÍTULO 2..... 9

INFLAMABILIDADE DE ESPÉCIES VEGETAIS DO CERRADO *STRICTO SENSU* NA REGIÃO SUL DO TOCANTINS


Wádilla Morais Rodrigues
Maria Cristina Bueno Coelho
Marcos Giongo
Max Vinícios Reis de Sousa
Bonfim Alves Souza
Yandro Santa Brigida Ataide
Francisca de Cássia Silva da Silva
Mauro Luiz Erpen
Maurílio Antonio Varavallo
Juliana Barilli
Damiana Beatriz da Silva
André Ferreira dos Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5822208022>

CAPÍTULO 3..... 19

DETECCIÓN DE FOCOS DE CALOR MEDIANTE SENSORES REMOTOS EN BOSQUES DE LA PROVINCIA DE TAHUAMANU, AMAZONIA PERUANA (2017-2019)

Carlos Nieto Ramos
Marx Herrera-Machaca
Jorge Garate-Quispe


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5822208023>

CAPÍTULO 4..... 28

VALORACIÓN ECONÓMICA DE LOS SERVICIOS AMBIENTALES DEL BOSQUE EN LA COMUNIDAD INDÍGENA EL PILAR, TAMBOPATA, AMAZONIA PERUANA

Marx Herrera-Machaca
Wiliam Oliver Capa Moscoso
Sufer Baez Quispe
Karina Otsuka-Barriga
Víctor Pareja-Auquipata
Gabriel Alarcon Aguirre

Jorge Garate-Quispe

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5822208024>

CAPÍTULO 5..... 40


IMPACTOS DA PRECIPITAÇÃO E DO USO DO SOLO NAS TENDÊNCIAS DAS VAZÕES NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CASTELO

Breno da Silva Oliveira

Roberto Avelino Cecílio

David Bruno de Sousa Teixeira

Guilherme Barbosa Reis

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5822208025>

CAPÍTULO 6..... 54

CARACTERIZAÇÃO DE HABITAÇÕES SOCIAIS EDIFICADAS NO MUNICÍPIO DE PIMENTA BUENO, ESTADO DE RONDÔNIA, AMAZÔNIA OCIDENTAL, BRASIL, A PARTIR DO PROJETO HABITAÇÃO POPULAR EM MADEIRA

Maria de Fátima de Brito Lima

Divino Eterno Teixeira

Álvaro Nogueira de Souza


Cecília Manavella

Eraldo Aparecido Trondoli Matricardi

Luís Antônio Coimbra Borges

Peter Wimmer

Júlio Eustáquio de Melo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5822208026>

CAPÍTULO 7..... 67

BIOMASSA MICROBIANA E RESPIRAÇÃO BASAL DO SOLO EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE RESTAURAÇÃO FLORESTAL EM ÁREAS DE MINERAÇÃO DE BAUXITA NO BAIXO AMAZONAS

Damares Azevedo da Silva

Rebeca Laís Câncio dos Santos

Joelma Lourenço Pereira Mendes

Fabiola Ribeiro da Silva e Silva

Jonathan Correa Vieira

Yves Caroline Andrade dos Santos

Eulina Brito Marinho

Márcia da Silva Pereira

Iolanda Maria Soares Reis

Mateus Alves de Sousa

Dayse Drielly Souza Santana Vieira

Celeste Queiroz Rossi


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5822208027>

CAPÍTULO 8..... 77

DINÂMICA DO CARBONO ORGÂNICO DO SOLO EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE RESTAURAÇÃO FLORESTAL EM ÁREAS DE MINERAÇÃO DE BAUXITA NO BAIXO

AMAZONAS

Jonathan Correa Vieira
Yves Caroline Andrade dos Santos
Damares Azevedo da Silva
Rebeca Laís Cancio dos Santos
Frances Marques Moreira
Inês Ariane de Paiva Cândia
Ingrid Souza de Andrade
Andreysse Castro Vieira
Luiz Alberto da Silva Rodrigues Pinto
Marcos Gervasio Pereira
Dayse Drielly Souza Santana Vieira
Celeste Queiroz Rossi

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5822208028>

SOBRE OS ORGANIZADORES 89

ÍNDICE REMISSIVO 90

CAPÍTULO 7

BIOMASSA MICROBIANA E RESPIRAÇÃO BASAL DO SOLO EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE RESTAURAÇÃO FLORESTAL EM ÁREAS DE MINERAÇÃO DE BAUXITA NO BAIXO AMAZONAS

Data de aceite: 01/02/2022

Dameres Azevedo da Silva

Discente do curso de Bacharelado em Agronomia do Campus Universitário de Juruti da Universidade Federal do Oeste do Pará (CJUR/UFOPA)
<https://orcid.org/0000-0001-8783-4611>

Rebeca Laís Câncio dos Santos

Discente do curso de Bacharelado em Agronomia do Campus Universitário de Juruti da Universidade Federal do Oeste do Pará (CJUR/UFOPA)
<https://orcid.org/0000-0002-5972-5810>

Joelma Lourenço Pereira Mendes

Discente do curso de Bacharelado em Agronomia do Campus Universitário de Juruti da Universidade Federal do Oeste do Pará (CJUR/UFOPA)
<https://orcid.org/0000-0002-4726-4113>

Fabiola Ribeiro da Silva e Silva

Discente do curso de Bacharelado em Agronomia do Campus Universitário de Juruti da Universidade Federal do Oeste do Pará (CJUR/UFOPA)
<https://orcid.org/0000-0003-1900-5832>

Jonathan Correa Vieira

Discente do curso de Bacharelado em Agronomia do Campus Universitário de Juruti da Universidade Federal do Oeste do Pará (CJUR/UFOPA)
<https://orcid.org/0000-0001-8997-6277>

Yves Caroline Andrade dos Santos

Discente do curso de Bacharelado em Agronomia do Campus Universitário de Juruti da Universidade Federal do Oeste do Pará (CJUR/UFOPA)
<https://orcid.org/0000-0002-4655-8224>

Eulina Brito Marinho

Discente do curso de Bacharelado em Agronomia do Campus Universitário de Juruti da Universidade Federal do Oeste do Pará (CJUR/UFOPA)
<https://orcid.org/0000-0002-6641-9336>

Márcia da Silva Pereira

Discente do curso de Bacharelado em Agronomia do Campus Universitário de Juruti da Universidade Federal do Oeste do Pará (CJUR/UFOPA)
<https://orcid.org/0000-0002-6317-0651>

Iolanda Maria Soares Reis

Docente do curso de Bacharelado em Agronomia do Campus Universitário de Santarém da Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA)
<https://orcid.org/0000-0001-6619-0730>

Mateus Alves de Sousa

Engenheiro Agrônomo pela Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA)
<https://orcid.org/0000-0002-9696-743X>

Dayse Drielly Souza Santana Vieira

Docente do curso de Bacharelado em Agronomia do Campus Universitário de Juruti da Universidade Federal do Oeste do Pará (CJUR/UFOPA)
<https://orcid.org/0000-0002-2810-4317>

Celeste Queiroz Rossi

Docente do curso de Bacharelado em Agronomia do Campus Universitário de Juruti da Universidade Federal do Oeste do Pará (CJUR/UFOPA)
<https://orcid.org/0000-0002-9068-4834>

RESUMO: Ações antrópicas da mineração de bauxita podem resultar em consequências sérias para o ambiente, principalmente, quando se leva

em consideração que os solos da Amazônia apresentam baixa fertilidade natural. O processo de recuperação das áreas mineradas é um meio para mitigar os danos causados. O objetivo desse trabalho foi quantificar o carbono da biomassa microbiana e taxa de respiração basal do solo de áreas restauradas após mineração de bauxita. O trabalho foi desenvolvido em solos de áreas de mineração de bauxita, localizada em Juruti no Oeste do Pará. As áreas foram definidas de acordo com o tempo de restauração em cada uma delas após mineração, a saber: A1: área reflorestada em 2018, A2: área reflorestada em 2015, A3: área reflorestada em 2012, e A4: área de floresta, usada como representativa da região. Realizou-se a coleta de solos nas profundidades de 0,00-0,05, 0,05-0,10, 0,10-0,20 m, mediante a abertura de 4 trincheiras, com três amostras em cada trincheira por profundidade. A análise de Carbono de Biomassa Microbiana (C-BM) foi realizada pelo processo de irradiação-extração através de aparelho de micro-ondas. A respiração basal do solo em laboratório consistiu da estimativa do CO₂ liberado durante a incubação do solo em um sistema fechado. Os resultados foram submetidos à análise de variância com aplicação do teste F e os valores médios, quando significativos, comparados entre si pelo teste Tukey 5%. Os valores de C-BM variaram de 3,76 a 12,42 ug g de C nas diferentes profundidades avaliadas, já para respiração basal do solo variaram de 1,88 a 11,75 (ug CO₂/g solo⁻¹). Quanto aos resultados expostos, ressalta-se a que o processo de restauração das áreas mineradas é capaz de elevar e manter os conteúdos de carbono da biomassa microbiana e a respiração basal do solo quando comparados à área de referência.

PALAVRAS-CHAVE: Ciclagem de nutrientes; Microorganismos; Qualidade do solo; Amazônia.

MICROBIAL BIOMASS AND BASENAL SOIL BREATHING IN DIFFERENT STAGES OF FOREST RESTORATION IN BAUXITE MINING AREAS IN THE LOWER AMAZON

ABSTRACT: Anthropogenic actions of bauxite mining can result in serious consequences for the environment, even more so when considering that the soils of the Amazon have low natural fertility. The process of recovering mined areas is a means of mitigating the damage caused. The objective of this work was to quantify microbial biomass carbon and soil basal respiration rate in areas restored after bauxite mining. The work was carried out in soils from bauxite mining areas, located in Juruti in the west of Pará. The areas were defined according to the restoration time of the mined areas, namely: A1: reforested area in 2018, A2: reforested area in 2015, A3: reforested area in 2012, and A4: forested area, used as a representative of the region. Soils were collected at depths of 0.00-0.05, 0.05-0.10, 0.10-0.20 m, by opening 4 trenches, with three samples in each trench per depth. The analysis of Carbon from Microbial Biomass (C-BM) was performed by the irradiation-extraction process through a microwave apparatus. Basal soil respiration in the laboratory consisted of estimating the CO₂ released during soil incubation in a closed system. The results were submitted to analysis of variance with the application of the F test and the mean values, when significant, were compared with each other using the Tukey 5% test. The C-BM values ranged from 3.76 to 12.42 ug g of C at the different depths evaluated, while for basal soil respiration they ranged from 1.88 to 11.75 (ug CO₂/g soil⁻¹). Regarding the exposed results, it is noteworthy that the restoration process of mined areas is capable of raising and maintaining the carbon content of the microbial biomass and the basal respiration of the soil when compared to the reference area.

KEYWORDS: Nutrient cycling; microorganisms; Soil quality; Amazon.

1 | INTRODUÇÃO

A Amazônia tem destaque por sua riqueza em espécies e recursos naturais, exibindo grande biodiversidade, riqueza mineral e florestal, abrigando cerca de 30% das espécies encontradas na América do Sul (Ministério do Meio Ambiente, 2017). É constituída originalmente por uma floresta tropical, com árvores de médio e grande porte, e estabelecida geralmente em solos de baixa fertilidade natural, onde os nutrientes são originados da decomposição de folhas, frutos, ramos e animais mortos. Essa ciclagem de nutrientes é que mantém o ecossistema equilibrado e favorecem um bom desenvolvimento da fauna e flora (Margulis, 2003).

Quanto à riqueza mineral, reservas de bauxita concentram-se principalmente na região amazônica, contudo, reservas também podem ser encontradas na região sul, sudeste e centro-oeste do Brasil (ABAL, 2017). Nesse contexto, o estado do Pará se destaca como principal produtor nacional de bauxita, contribuindo com, aproximadamente, 90% da produção do país (Lima; Neves, 2014).

Devido à exportação desse minério, ações antrópicas da mineração resultam em consequências sérias para o ambiente, onde ocorre redução ou extinção de ecossistemas (Carneiro et al., 2008), degradam a fauna do solo, que atua como reguladora de populações microbianas (Correia; Oliveira, 2006), a camada fértil do solo passa a não existir ou diminui de forma drástica, além de extinção da floresta nativa, de colônias microbianas, perda de quantidade significativa de carbono orgânico, pois predomina na camada superior do solo (Trumbore; Camargo, 2009).

O impacto da mineração de bauxita sobre o ambiente físico pode apresentar efeitos negativos significativos caso os impactos não sejam mitigados corretamente, gerando riscos para o processo de recuperação ambiental e impossibilitando o retorno às propriedades originais dos recursos do solo e da água (Mendes Filho, 2004). A vegetação e a fauna nativa são excluídas, a camada fértil do solo é retirada ou perdida e a qualidade e o regime de vazão do sistema hídrico são modificados, transformando-se em área degradada. Nesse ponto, é importante considerar que para a manutenção de solos tropicais, ressalta-se a importância da matéria orgânica do solo.

Escolher espécies vegetais pioneiras e resistentes é fundamental para o início do processo de restauração de ambientes minerados (Rios et al., 2017). A restauração destas áreas depende do restabelecimento de uma microbiota ativa e de mudanças físico-químicas no meio, propiciando condições necessárias para a reabilitação do solo e consequente retomada das espécies vegetais nativas (Trindade et al., 2000).

A recuperação é uma atividade que exige uma abordagem sistemática de planejamento e visão a longo prazo, não sendo apenas uma tentativa limitada de remediar

um dano. As técnicas de restauração de áreas impactadas pela mineração, utilizando técnicas de manejo do solo, pode acelerar o processo de sucessão e diminuir a perda da biodiversidade (Barbosa et al., 2005). O sucesso do processo de revegetação nas áreas impactadas pela mineração exige o uso de espécies nativas, pioneiras, adaptadas ao ambiente e resistentes para se desenvolverem em ambientes com baixa fertilidade, elevado pH, presença de elementos tóxicos, agregação fraca e baixa retenção de umidade, entre outros fatores (López-Orenes et al., 2017; Wang et al., 2017).

O objetivo do estudo foi quantificar a biomassa microbiana e a respiração basal do solo nos diferentes tempos de restauração florestal das áreas após mineração de Bauxita no Baixo Amazonas.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Seleção das Áreas

O estudo foi realizado no município de Juruti-Pa, localizado na Mesorregião do Baixo Amazonas. As amostras foram coletadas em novembro de 2019. Foram selecionadas 3 áreas com diferentes tempos de restauração florestal, a saber: A1: área reflorestada em 2018, A2: área reflorestada em 2015, A3: área reflorestada em 2012. Além dessas áreas, foi utilizada uma área de Floresta (A4) como representativa das características avaliadas antes do processo de mineração (controle).

2.2 Histórico das Áreas

Após a supressão vegetal, o *topsoil* (Hor A), que é a camada delimitada até 0,20 m de profundidade e contém o maior conteúdo de material orgânico, é retirado e depositado em outra área dentro da mina. Após esse processo, é retirado a camada de estéril, que é a camada predominantemente mineral com maior concentração de argila, depois disso, a área está pronta para que possa ser retirada a bauxita. Ao final do processo de mineração da bauxita, o estéril retirado é devolvido e a área está disponível para a fase de restauração vegetal. No ano de 2012, era utilizado na nucleação, apenas os montes com *topsoil* + plantio de mudas. Nos anos de 2013 e 2014 passou-se a utilizar a galhada oriunda da supressão vegetal + plantio de mudas. A partir do ano de 2015 foi utilizado o método de nucleação utilizando o *topsoil* + galhada + plantio de mudas para a restauração das áreas. Parte das mudas utilizadas neste processo são produzidas em comunidades no entorno da área de extração da bauxita, e outra parte das mudas são oriundas da atividade de resgate nas áreas onde serão suprimidas.

2.3 Coleta e preparo de Solo

As amostras indeformadas do solo de cada área estudada foram coletadas na profundidade de 0,00-0,05, 0,05-0,10, e 0,10-0,20 m mediante a abertura de 4 mini

trincheiras em cada área. Em cada mini trincheira foram retiradas três amostras simples por profundidades. As amostras foram mantidas sob refrigeração durante toda a coleta e armazenamento, até o momento das análises no laboratório.

2.4 Determinação dos teores de Carbono Orgânico Total

O carbono orgânico total (COT) foi determinado por oxidação úmida com dicromato de potássio com concentração (0,167 mol L⁻¹) e titulação com sulfato ferroso amoniacal (0,20 mol L⁻¹), segundo a metodologia proposta por Yeomans & Bremner (1988).

2.5 Carbono da Biomassa Microbiana (C-BM)

A análise de Carbono da Biomassa Microbiana (C-BM), foi realizado pela metodologia de Ferreira, Camargo e Vidor (1999), que utiliza o aparelho de micro-ondas no processo de irradiação-extração. Pesou-se 10g de solo em erlenmeyer de 125 mL, que foram irradiadas em micro-ondas. Posterior a esse processo, conduziu-se à extração, adicionando-se 40 mL de solução de K₂SO₄ (0,5 mol L⁻¹) por 30 min, sob agitação. Ao término do período de agitação, as amostras foram filtradas em papel de filtro qualitativo. Em uma alíquota de 8 mL foram adicionados 2 mL de solução de dicromato de potássio (0,066 mol L⁻¹) mais 10 mL de ácido sulfúrico. Após a reação de oxirredução foi adicionado 5 mL de ácido fosfórico que facilita a visualização do ponto de viragem. A mistura resultante foi colocada em banho-maria por 1 h (a 90 °C), para oxidação do carbono. Após esse processo, completou-se o volume do erlenmeyer com água deionizada até 75 mL, e também, adicionadas 3 gotas de difenilamina, a mistura resultante foi titulada com sulfato ferroso amoniacal (0,0333 mol L⁻¹).

2.6 Respiração Basal do Solo (RBS)

Para a Respiração do solo em laboratório, o método utilizado foi proposto por Jenkinson e Powelson (1976), e consiste na estimativa do CO₂ liberado durante a incubação do solo em um sistema fechado. O CO₂ é capturado por uma solução de NaOH, que posteriormente foi titulada com HCL. O procedimento padrão consistiu na incubação de uma amostra de solo de 50g, em 3 repetições, com umidade ajustada para 50% a 60% da capacidade de campo durante 3 dias (25 °C) em jarros herméticos de 2L, juntamente com 10 mL de hidróxido de sódio (NaOH), em concentrações que podem variar de 0,05 mol L⁻¹. O CO₂ liberado foi determinado por titulação de NaOH residual com HCl 0,05 mol L⁻¹, após precipitação do carbono com cloreto de bário (BaCL₂), usando fenolftaleína a 1% como indicador.

A taxa de respiração é calculada pela equação:

$$\text{Resp. basal} = \left[\frac{(V_{\text{branco}} - V_{\text{amostra}}) \times N \times f \times c}{MSS} \right] / NH$$

Onde,

Resp. basal = respiração basal ou atividade microbiana (mg CO₂/g solo/h); V_{branco} =

volume de HCL consumido pelas provas em branco (ml); V_{amostra} = volume de HCL consumido pelas amostras (ml); N = normalidade do HCL (mol L^{-1}); fc = fator de correção para CO_2 (22) ou C (6); NH = número de horas de incubação (h).

2.7 Análises estatísticas

Os resultados foram analisados quanto à normalidade e homogeneidade dos dados por meio dos testes de Lilliefors e Bartlett, respectivamente. Posteriormente, foi analisado como delineamento em blocos casualizados. Os resultados foram submetidos à análise de variância com aplicação do teste F e os valores médios, quando significativos, comparados entre si pelo teste Tukey 5%.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Carbono Orgânico Total

Os dados do carbono orgânico total (COT) estão na Figura 1. Os valores encontrados variaram de $15,95 \text{ g kg}^{-1}$ a $38,60 \text{ g kg}^{-1}$. Foram verificadas poucas diferenças estatísticas entre as áreas em processo de restauração vegetal avaliadas. Na profundidade de 0 a 0,05 m, a área de floresta (A4), apresentou maiores valores quando comparadas com as áreas em processo de restauração. Já para a profundidade de 0,10 a 0,20 m a área em restauração com 1 ano apresentou os maiores teores de COT. Essa redução dos teores de COT na superfície do solo pode ser atribuído pela remoção da camada fértil do solo e o seu armazenamento em pilhas para ser utilizado posteriormente na restauração das áreas. Durante esse armazenamento, sem aporte de COT, pode ocorrer oxidação da matéria orgânica remanescente no solo (Reis et al., 2014). Segundo Reis et al. (2014), que avaliaram a qualidade estrutural de solos construídos após atividades de mineração no município de Candiota – RS foram encontrados menores valores carbono orgânico total (COT) no solo após a recuperação.

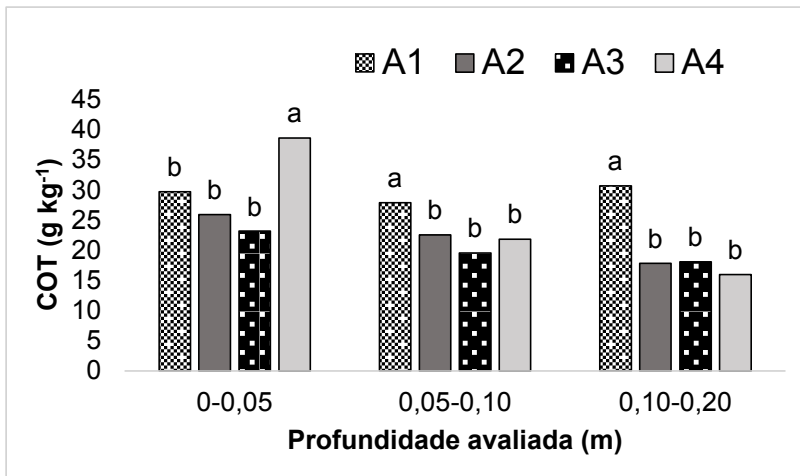


Figura 1. Carbono orgânico total (COT) nas áreas com diferentes tempos de restauração florestal, após mineração de Bauxita no Município de Juruti-PA.

Médias seguidas de mesma letra em cada profundidade não diferem significativamente entre os sistemas avaliados, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. A1: reflorestada em 2018; A2: reflorestada em 2015; A3: reflorestada em 2012; e A4: Floresta.

3.2 Carbono da biomassa microbiana e respiração basal do solo

O carbono da biomassa microbiana (C-BM) é um indicador biológico de qualidade do solo, compõe a parte viva da matéria orgânica do solo, e é um componente extremamente sensível a alterações no solo (Gama-Rodrigues et al., 2005). Entre as principais funções, está a ciclagem de nutrientes. Os valores de biomassa microbiana e da respiração basal do solo estão apresentados na Tabela 1. Os maiores valores de C-BM foram observados na área restaurada em 2012 (A3) para a profundidade de 0 a 0,05 m. Já nas profundidades de 0,05-0,10 e 0,10 a 0,20 m os valores encontrados foram iguais aos verificados na área de floresta (A4). As taxas de respiração basal do solo (RBS) variaram de 1,88 a 11,75 ($\mu\text{g CO}_2/\text{g solo}^{-1}$) (tabela 1), no entanto, não foram verificadas diferenças significativas entre as áreas e as profundidades avaliadas.

Variável	Profundidade 0-0,5 m			
	A1	A2	A3	A4
C-BM (ug g de C)	9,17ab	6,51ab	11,75a	3,76b
RBS (ug CO ₂ /g solo h ⁻¹)	5,24a	3,10a	3,77a	5,01a
Variável	Profundidade 0,05-0,10 m			
	A1	A2	A3	A4
C-BM (ug g de C)	7,58a	5,61a	5,30a	3,86a
RBS (ug CO ₂ /g solo ⁻¹)	3,24a	1,88a	4,00a	4,03a
Variável	Profundidade 0,10-0,20 m			
	A1	A2	A3	A4
C-BM (ug g de C)	3,41a	5,23a	12,42a	4,92a
RBS (ug CO ₂ /g solo ⁻¹)	5,45a	10,36a	5,38a	3,79a

Médias seguidas de mesma letra em cada profundidade (linha) não diferem significativamente entre os sistemas avaliados, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. A1: reflorestada em 2018; A2: reflorestada em 2015; A3: reflorestada em 2012 e A4: Floresta.

Tabela 1. Carbono da Biomassa Microbiana (C-BM), e respiração basal do solo (RBS) nas áreas com diferentes tempos de restauração florestal, após mineração de Bauxita no Município de Juruti-PA.

A recuperação rápida do teor de C-BM, representada pela A1 (1 ano de restauração no momento da coleta do solo) está relacionada com o processo de revegetação da área com a utilização de espécies pioneiras e gramíneas. Essas plantas promovem uma nova entrada de carbono via rizosfera e proporciona incrementos no carbono orgânico para a microbiota através de processos de rizodeposição e decomposição de fitomassa. Essas espécies utilizadas no início do processo de restauração apresentam crescimento acelerado e sistema radicular abundante. Esse fato pode ser um indicativo de que o processo de restauração florestal está conseguindo promover uma dinâmica da matéria orgânica adequada nas áreas após o processo de mineração de bauxita. Para a respiração basal do solo não foram verificadas diferenças entre áreas de restauração e a área de floresta.

Estudos de biomassa microbiana em áreas de reabilitação após mineração de bauxita em Poços de Caldas – MG, mostraram resultados diferentes aos verificados nesse estudo. Carneiro et. al., 2008, verificaram valores de biomassa microbiana semelhantes aos da área de referência, somente 18 e 19 anos após o processo de reabilitação das áreas mineradas.

4 | CONCLUSÃO

O processo de restauração florestal nas áreas mineradas, utilizando a metodologia de nucleação, é capaz de elevar e manter os conteúdos de carbono da biomassa microbiana

e as taxas de respiração basal do solo quando comparados à área de referência.

REFERÊNCIAS

- ABAL. Associação Brasileira do Alumínio. **Bauxita no Brasil, mineração responsável e competitividade**. 2017. 66p. Disponível em: <http://www.abal.org.br/downloads/ABAL_Relatorio_Bauxita_2017_1.pdf>. Acessado em janeiro de 2022.
- BARBOSA, L.M.; BARBOSA, K.C.; NEUENHAUS, E.C.M.; BARBOSA, J.M. e POTOMATI, A. **Estabelecimento de parâmetros de avaliação e monitoramento para reflorestamentos induzidos visando o licenciamento ambiental**. Curitiba, In: VI Simpósio Nacional e Congresso Latino-americano de Recuperação de Áreas Degradadas, p.221-229, Anais. 2005.
- CARNEIRO, M. A. C. et al. **Carbono Orgânico, Nitrogênio Total, Biomassa e Atividade Microbiana do solo em duas Cronossquências de Reabilitação após mineração de Bauxita**. Revista Brasileira de Ciência do Solo [online], vol.32, n.2, p.621-632, 2008.
- CORREIA, M. E. F.; OLIVEIRA, L. C. M. **Importância da Fauna de Solo para a Ciclagem de Nutrientes**. Miolo Biota, Cap. 4. 2006.
- FERREIRA, A. S.; CAMARGO, F. A. O.; VIDOR, C. **Utilização de micro-ondas na avaliação da biomassa microbiana do solo**. NOTA. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 23, p. 991-996, 1999.
- GAMA-RODRIGUES, E.F.; BARROS, N.F.; GAMA-RODRIGUES, A.C.; SANTOS, G.A. **Nitrogênio, carbono e atividade da biomassa microbiana do solo em plantações de eucalipto**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 29: p. 893-901, 2005.
- JENKINSON, D. S.; POWLSON, D. S. **The effects os biocidal treatments on metabolismo in soil. V. A method for measuring soil biomass**. Soil Biolofy & Biochemistry, Oxford, v. 8, n. 3, p. 209-213. 1976.
- LIMA, T. M.; NEVES, C. A. R (Coord.). **Departamento Nacional de Produção Mineral**. Sumário Mineral, v.34. Brasília: DNPM, 2014. 104 p.
- LÓPEZ-ORENES, A., BUESO, M.C., CONESA, H.M., CALDERÓN, A.A., FERRER, M.A. Seasonal changes in antioxidative/oxidative profile of mining and non-mining populations of Syrian beancaper as determined by soil conditions. **Science of the Total Environment**, v. 575, p. 437-447. 2017.
- MARGULIS, S. **Causas do desmatamento da Amazônia Brasileira**. (Banco Mundial) Brasília: Estação Gráfica; 2003.
- MENDES FILHO, P.F. **Potencial de reabilitação do solo de uma área degradada, através da revegetação e do manejo microbiano [tese]**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz; 2004.
- MMA - Ministério do Meio Ambiente. **Amazônia**. MMA, Brasília, 2017. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/biomas/amazonia> >. Acesso em: setembro de 2020.
- REIS, D. A. LIMA, C. L. R. & PAULETTO, E. A. **Resistência tênsil de agregados e compressibilidade de um solo construído com plantas de cobertura em área de mineração de carvão em Candiota, RS**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 38, p. 669-678, 2014.

RIOS, C.O., SOUZA, B.C., SIQUEIRA-SILVA, A.I., PEREIRA, E.G. **Assessment of iron toxicity in tropical grasses with potential for revegetation of mined areas.** Polish Journal of Environmental Studies, v. 26, p. 1643-1649. 2017.

TRINDADE, A.V., GRAZZIOTTI, P.H., TÓTOLA, M.R. **Utilização de características microbiológicas na avaliação da degradação ou recuperação de uma área sob mineração de ferro.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 24, p. 683-688. 2000.

TRUMBORE, S.; CAMARGO, P, B. **Dinâmica do Carbono do Solo.** Disponível em:<https://scholar.google.com.br/scholar?hl=ptR&as_sdt=0%2C5&q=din%C3%A2mica+do+carbono&oq=DIN%C3%82>. Acesso em: maio de 2020.

WANG, L., JI, B., HU, Y., LIU, R., SUN, W. **A review on in situ phytoremediation of mine tailings.** Chemosphere, v. 184, p. 594-600. 2017.

YOEMANS, J.C. & BREMNER, J.M. **A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil.** Communication in Soil Science and Plant Analysis, v.19, p.1467-1476, 1988.

ÍNDICE REMISSIVO

B

Biodiversidade 2, 4, 10, 69, 70, 79

C

Ciência 17, 75, 76, 77, 87, 88

Conservação 55, 57, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 89

E

Ecology 17

Economic valuation 29

Environmental services 29

F

Forest fire 2

G

Gestão ambiental 89

I

Impacts of precipitation 40

Indigenous community 29

M

Management 10, 16, 17, 18, 52

Meio ambiente 3, 54, 56, 59, 69, 75, 79, 87

N

Nature 17, 27

P

Peruvian Amazon 19, 29

Precipitação 40, 41, 42, 43, 45, 46, 47, 48, 49, 51, 52, 53, 71

Preservação 84

Public health 2

S

Social 29, 54, 55, 56, 65

Sustentabilidade 58, 59

T

Temperatura 11

W

Water management 52

COLEÇÃO

DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

ENGENHARIA FLORESTAL 2

A grayscale photograph of two forestry engineers in a forest. They are wearing hard hats and safety vests, looking towards the trees. The background is a dense forest with sunlight filtering through the leaves.

 www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br
 @atenaeditora
 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

COLEÇÃO

DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

ENGENHARIA FLORESTAL 2

- 
- A photograph of two forestry engineers in a forest. One is wearing a white hard hat and a yellow safety vest, and the other is wearing a yellow hard hat and an orange safety vest. They are looking at a document together.
-  www.atenaeditora.com.br
 -  contato@atenaeditora.com.br
 -  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
 -  www.facebook.com/atenaeditora.com.br