

Empreendedorismo e Inovação na Engenharia Florestal 3



Cristina Aledi Felsemburgh
(Organizadora)

Atena
Editora
Ano 2021

Empreendedorismo e Inovação na Engenharia Florestal 3



Cristina Aledi Felsemburgh
(Organizadora)

Atena
Editora
Ano 2021

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 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 Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense
Prof^ª Dr^ª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof^ª Dr^ª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Prof^ª Dr^ª Ivone Goulart Lopes – Instituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof^ª Dr^ª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Prof^ª Dr^ª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof^ª Dr^ª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^ª Dr^ª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof^ª Dr^ª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof^ª Dr^ª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^ª Dr^ª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof^ª Dr^ª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Prof^ª Dr^ª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof^ª Dr^ª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Prof^ª Dr^ª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof^ª Dr^ª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido

Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfnas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília

Prof^ª Dr^ª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás

Prof^ª Dr^ª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Prof^ª Dr^ª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina

Prof^ª Dr^ª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília

Prof^ª Dr^ª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina

Prof^ª Dr^ª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira

Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra

Prof^ª Dr^ª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras

Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria

Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia

Prof^ª Dr^ª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco

Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará

Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí

Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas

Prof^ª Dr^ª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Prof^ª Dr^ª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará

Prof^ª Dr^ª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma

Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá

Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados

Prof^ª Dr^ª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino

Prof^ª Dr^ª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof^ª Dr^ª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof^ª Dr^ª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

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

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

Prof^ª Dr^ª 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
Prof^ª Dr^ª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof^ª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Prof^ª Dr^ª 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^ª Dr^ª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof^ª Dr^ª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

Prof^ª Dr^ª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Prof^ª Dr^ª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Prof^ª Dr^ª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof^ª Dr^ª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof^ª Dr^ª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
Prof^ª Dr^ª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Prof^ª Dr^ª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Prof^ª Dr^ª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Prof^ª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof^ª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Prof^ª Dr^ª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof^ª Dr^ª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Prof^ª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
Prof^ª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco
Prof^ª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar

Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes – Instituto Edith Theresa Hedwing Stein
Prof. Me. Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Me. Fabiano Eloy Atilio Batista – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR

Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^ª Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Prof^ª Ma. Liliansi Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Prof^ª Dr^ª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Prof^ª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz
Prof^ª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^ª Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos
Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior
Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo
Prof^ª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará
Prof^ª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Prof^ª Dr^ª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa
Prof^ª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba
Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco
Prof^ª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão
Prof^ª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
Prof^ª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
Prof^ª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí
Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Empreendedorismo e inovação na engenharia florestal 3

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Maria Alice Pinheiro
Correção: Giovanna Sandrini de Azevedo
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizadora: Cristina Aledi Felsemburgh

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E55 Empreendedorismo e inovação na engenharia florestal 3 /
Organizadora Cristina Aledi Felsemburgh. – Ponta
Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-963-9

DOI 10.22533/at.ed.639211404

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

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.

APRESENTAÇÃO

É com enorme prazer que apresentamos o e-book “Empreendedorismo e Inovação na Engenharia Florestal 3” elaborado para a divulgação de resultados e avanços relacionados às Ciências Florestais. O e-book está disposto em 1 volume subdividido em 10 capítulos. Os capítulos estão organizados de acordo com a abordagem por assuntos relacionados com diversas áreas da Engenharia Florestal. Em uma primeira parte, os capítulos estão de forma a atender as áreas voltadas à viabilidade de sementes, biopromotores, propagação vegetativa e crescimento e desenvolvimento de mudas. Em uma segunda parte, os trabalhos estão estruturados aos temas relacionados aos serviços ecossistêmicos, restauração florestal e mudança climática. Em uma terceira parte, os trabalhos referem-se a gestão florestal, manejo florestal, manejo de povoamentos e seleção de indivíduos arbóreos. E finalizando, em uma quarta parte, com trabalhos voltados aos processos produtivos e transformação de matéria-prima de produtos não madeireiros. Desta forma, o e-book “Empreendedorismo e Inovação na Engenharia Florestal 3” apresenta relevantes resultados realizados por diversos professores e acadêmicos que serão apresentados nesta obra de forma didática. Agradecemos o empenho e dedicação de todos os autores das diferentes instituições de ensino e pesquisa, por partilharem ao público os resultados dos trabalhos desenvolvidos por seus grupos de pesquisa. Esperamos que os trabalhos aqui apresentados possam inspirar outros estudos voltados às Ciências Florestais.

Cristina Aledi Felseburgh

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

APLICAÇÃO DE BIOPROMOTORES NO CRESCIMENTO DE MUDAS DE *Handroanthus impetiginosus* mart

Julia Isabella de Matos Rodrigues

Luana Rodrigues Vieira

Walmer Bruno Rocha Martins

Luan Lucas Ferreira Baia

Ricardo Christin Lobato Machado

Wendell José Barbosa Silva Filho

Luana Vanessa da Silva Chaves

Gisele Barata da Silva

DOI 10.22533/at.ed.6392114041

CAPÍTULO 2..... 9

ENVELHECIMENTO ACELERADO: INFLUÊNCIA NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE *Handroanthus heptaphyllus* (VELL.) MATTOS

João Lucas Sauma Alvares

Dênmore Gomes de Araujo

Elson Junior Souza da Silva

Denner Roberto Sacramento dos Santos

DOI 10.22533/at.ed.6392114042

CAPÍTULO 3..... 16

ESTABELECIMENTO DA TECNOLOGIA DE CULTIVO *IN VITRO* PARA ESPÉCIES FLORESTAIS

Márcia Aparecida Novaes Gomes

Daniel Bruno Ferreira

Bruna Cristiane Pontes de Carvalho

DOI 10.22533/at.ed.6392114043

CAPÍTULO 4..... 28

AS FLORESTAS URBANAS E PERIURBANAS COMO ESTRATÉGIA DE ADAPTAÇÃO À MUDANÇA CLIMÁTICA

Verônica Boarini Sampaio de Rezende

Elaine Aparecida Rodrigues

Edgar Fernando de Luca

Luis Alberto Bucci

Leni Meire Pereira Ribeiro Lima

Kátia Mazzei

DOI 10.22533/at.ed.6392114044

CAPÍTULO 5..... 41

ESTOQUE DE SERAPILHEIRA E NUTRIENTES: INDICADORES DA RESTAURAÇÃO DE ECOSISTEMAS DEGRADADOS PELA MINERAÇÃO DE BAUXITA NA AMAZÔNIA

Julia Isabella de Matos Rodrigues

Walmer Bruno Rocha Martins

Victor Pereira de Oliveira
Gracialda Costa Ferreira
Victor Moreira Barbosa
Francisco de Assis Oliveira

DOI 10.22533/at.ed.6392114045

CAPÍTULO 6..... 54

**A GESTÃO FLORESTAL SUSTENTÁVEL NA PREVENÇÃO DO RISCO DE INCÊNDIO:
SILVICULTURA E PASTOREIO NA REDUÇÃO DA BIOMASSA COMBUSTÍVEL**

Teresa de Jesus Fidalgo Fonseca
Filipa Conceição Silva Torres Manso
Cláudia Manuela da Silva Martins
Marina Meca Ferreira de Castro

DOI 10.22533/at.ed.6392114046

CAPÍTULO 7..... 72

**REDES NEURAIS ARTIFICIAIS PARA ESTIMATIVA DO DIÂMETRO DE COPA DE
Calophyllum brasiliense Cambess**

Maria Cristina Bueno Coelho
Marcos Vinicius Cardoso Silva
Caroline Cardoso Gama
Bruno Aurélio Campos Aguiar
Maurílio Antonio Varavallo
Mathaus Messias Coimbra Limeira
Mauro Luiz Erpen
Marcos Vinicius Giongo Alves
Yandro Santa Brigida Ataíde
André Ferreira dos Santos
Augustus Caesar Franke Portella

DOI 10.22533/at.ed.6392114047

CAPÍTULO 8..... 87

**RELAÇÃO MORFOMÉTRICA E DE COMPETIÇÃO PARA O MANEJO DE *Calophyllum
brasiliense* Cambess**

Maria Cristina Bueno Coelho
Marcos Vinicius Cardoso Silva
Caroline Cardoso Gama
Bruno Aurélio Campos Aguiar
Maurílio Antonio Varavallo
Mathaus Messias Coimbra Limeira
Mauro Luiz Erpen
Yandro Santa Brigida Ataíde
Yasmin de Andrade Ramos
André Ferreira dos Santos
Augustus Caesar Franke Portella
Max Vinicius Reis de Sousa

DOI 10.22533/at.ed.6392114048

CAPÍTULO 9.....	101
MODIFICAÇÃO DAS PROPRIEDADES DAS FIBRAS DE PSEUDOCAULE DE BANANEIRA E SISAL POR TRATAMENTO ALCALINO	
Elizeth Neves Cardoso Soares	
José Benedito Guimarães Junior	
DOI 10.22533/at.ed.6392114049	
CAPÍTULO 10.....	107
PRODUÇÃO DE PAINÉIS MDP COM DIFERENTES TIPOS DE PARTÍCULAS LIGNOCELULOSICAS	
Erick Chagas Mustefaga	
Fernando Rusch	
Éverton Hillig	
DOI 10.22533/at.ed.63921140410	
SOBRE A ORGANIZADORA.....	121
ÍNDICE REMISSIVO.....	122

ESTOQUE DE SERAPILHEIRA E NUTRIENTES: INDICADORES DA RESTAURAÇÃO DE ECOSSISTEMAS DEGRADADOS PELA MINERAÇÃO DE BAUXITA NA AMAZÔNIA

Data de aceite: 01/04/2021

Data de submissão: 04/03/2021

Bacias Hidrográficas

Belém-Pará

<http://lattes.cnpq.br/4380083085706495>

Julia Isabella de Matos Rodrigues

Universidade Federal Rural da Amazônia,
Laboratório de Manejo de Ecossistemas e
Bacias Hidrográficas
Belém – Pará

<http://lattes.cnpq.br/8014030704078011>

Walmer Bruno Rocha Martins

Universidade Federal Rural da Amazônia,
Laboratório de Manejo de Ecossistemas e
Bacias Hidrográficas

Belém - Pará

<http://lattes.cnpq.br/4159864563302567>

Victor Pereira de Oliveira

Universidade Federal Rural da Amazônia,
Programa de Pós-graduação em Ciências
Florestais

Belém - Pará

<http://lattes.cnpq.br/5846914048807165>

Gracialda Costa Ferreira

Universidade Federal Rural da Amazônia,
Instituto de Ciências Agrárias

Belém - Pará

<http://lattes.cnpq.br/4250668524181387>

Victor Moreira Barbosa

Mineração Paragominas SA
Paragominas - Pará

<http://lattes.cnpq.br/8935907639350601>

Francisco de Assis Oliveira

Universidade Federal Rural da Amazônia,
Laboratório de Manejo de Ecossistemas e

RESUMO: O Pará destaca-se como maior exportador de minérios da Amazônia, contribuindo de maneira significativa para a economia do estado. Apesar dos benefícios econômicos, essas atividades ocasionam intensos impactos ambientais, que podem ser minimizados pela restauração florestal, por meio do plantio de mudas. Entretanto, a trajetória do desenvolvimento do ecossistema deve ser monitorada periodicamente por meio de indicadores, como a serapilheira. Esta destaca-se por desempenhar importantes funções no ecossistema, como ciclagem de nutrientes e proteção mecânica do solo, que variam de acordo com a idade dos ecossistemas. Nesse sentido, por meio do estoque de serapilheira e nutrientes, objetivamos avaliar a trajetória da restauração de três ecossistemas, com diferentes idades, recuperados após mineração de bauxita. Para isso, coletamos a serapilheira nos períodos mais e menos chuvoso, com o auxílio de um coletor metálico. Posteriormente, os dados foram submetidos aos pressupostos para ANOVA e, quando atendidos, dependendo do tipo de comparação, as médias foram testadas pelo teste de Tukey e t de Student (ambos com p -valor < 0,05). Constatamos que o ecossistema mais jovem apresentou o menor estoque de serapilheira ($4,54 \pm 0,36$ Mg ha⁻¹) e que não houve diferença entre as médias dos ecossistemas de 8 e 9 anos. Além disso, a ordem

decrecente de nutrientes é: N > Ca > Mg > K > Na > P. Nesse cenário, observamos que nos primeiros 7 anos de restauração, a proteção do solo é a principal função da serapilheira, e que as funções ecossistêmicas ocorrem com maior intensidade a partir de 8 anos.

PALAVRAS - CHAVE: Recuperação de áreas degradadas; plantio de mudas; indicadores funcionais; ciclagem de nutrientes.

LITTER STOCK AND NUTRIENTS: INDICATORS OF THE RESTORATION OF ECOSYSTEMS DEGRADED BY THE BAUXITE MINING IN THE AMAZON

ABSTRACT: Pará stands out as the largest exporter of minerals in the Amazon, contributing significantly to the state's economy. Despite the economic benefits, these activities cause intense environmental impacts, which can be minimized by forest restoration, through the planting of seedlings. However, the trajectory of ecosystem development must be monitored periodically by means of indicators, such as litter. It stands out for playing important functions in the ecosystem, such as nutrient cycling and mechanical soil protection, which vary according to the age of the ecosystems. In this sense, through the stock of litter and nutrients, we aim to evaluate the trajectory of the restoration of three ecosystems, with different ages, recovered after bauxite mining. For this, we collect the litter in the more and less rainy periods, with the help of a metallic collector. Subsequently, the data were submitted to the assumptions for ANOVA and, when met, depending on the type of comparison, the averages were tested by the Tukey and Student's t tests (both with p-value <0.05). We found that the youngest ecosystem had the lowest litter stock ($4.54 \pm 0.36 \text{ Mg ha}^{-1}$) and that there was no difference between the averages of the 8 and 9 year old ecosystems. In addition, the decreasing order of nutrients is: N > Ca > Mg > K > Na > P. In this scenario, we observed that in the first 7 years of restoration, soil protection is the main function of litter, and that ecosystem functions occur with greater intensity from 8 years.

KEYWORDS: Recovery of degraded areas; planting of seedlings; functional indicators; nutrient cycling.

1 | INTRODUÇÃO

A mineração é uma das principais atividades econômicas desenvolvidas no Brasil, sendo que, a comercialização de minerais metálicos foi responsável por uma receita superior aos 100 bilhões de reais em 2018. Na Amazônia um dos produtos mais explorados é a bauxita, da qual se obtém o alumínio. Entre os estados da Amazônia, o Pará destaca-se como maior produtor regional e nacional (ANM, 2019). Em 2018, o estado contribuiu com 88,97% da produção brasileira do alumínio por meio de exportações destinadas principalmente à América do Norte, Europa e Ásia, sendo a China o maior comprador desse minério (SIMINERAL, 2020).

Apesar do potencial econômico desempenhado pela mineração no Pará, impactos ambientais são inevitáveis (BANDYOPADHYAY; MAITI, 2019) only three of these attributes could be easily applied due to their low costs and low time requirements. These three attributes include: diversity, vegetation structure, and ecological processes. This review

article emphasizes that the criteria for the selection of the indicator species should be based upon: habitat types, abundance of species, ease of measuring, quantifying and interpreting the results, gradual enhancement with time and cost-effectiveness, sensitivity, variability of response, size, residential status, and requirements of the area. Principal component analysis was applied to calculate the reclaimed mine soil quality index (RMSQI). Como exemplo disso, em 10 anos (2005-2015) a mineração na Amazônia foi responsável pela perda de 11.670 km² de floresta (SONTER et al., 2017). Com o intuito de minimizar esses impactos, a restauração dos ecossistemas degradados é uma prática obrigatória pela Constituição Federal (BRASIL, 1988), tendo o plantio de mudas de espécies arbóreas nativas como o método mais utilizado globalmente (MARTINS et al., 2020b). Todavia, o processo de restauração deve ser monitorado periodicamente por meio da avaliação de indicadores, com o objetivo de corrigir possíveis impasses e avaliar o status da restauração (PRACH; WALKER, 2019).

Para isso, os indicadores funcionais são os mais utilizados devido à praticidade de coleta e monitoramento dos dados, e obtenção de respostas que demonstram a trajetória do ecossistema (MARTINS et al., 2020b). Esses indicadores estão relacionados com os processos ecológicos que ocorrem no ecossistema (MAO et al., 2019). Como exemplo desse tipo de indicador, tem-se a serapilheira, que é a camada de resíduos florestais (folhas, galhos, frutos e miscelânea) (FERNANDES et al., 2018), pois sua decomposição é um processo essencial para a manutenção dos ecossistemas (DAMACENO et al., 2020).

Adicionalmente, a serapilheira é responsável pela proteção mecânica do solo contra a erosão e lixiviação, causada pela constante precipitação pluviométrica característica do bioma amazônico (SCHUMACHER et al., 2018). Nesse sentido, buscamos responder a seguinte questão: As idades de plantio interferem na trajetória de restauração de ecossistemas degradados pela mineração de bauxita? Partindo da hipótese de que se os ecossistemas em estágios mais avançados de sucessão possuem melhor dinâmica de serapilheira e nutrientes, então o plantio de mudas com 9 anos de restauração possui os melhores indicadores de restauração florestal. Sendo assim, nosso objetivo foi avaliar a trajetória e o status da restauração de três ecossistemas após mineração de bauxita, por meio do estoque de serapilheira e nutrientes, comparando com um fragmento florestal adjacente.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

A pesquisa foi desenvolvida na Mineração Paragominas S. A., localizada a 70 km da sede municipal de Paragominas. O clima da região é do tipo “Aw”, ou seja, quente e úmido, segundo a classificação de Köppen. A temperatura média anual é de 26,3 °C, com índice pluviométrico anual de aproximadamente 1.800 mm e umidade relativa do ar em torno de

81% (ALVARES et al., 2013) with well recognized simple rules and climate symbol letters. In Brazil, climatology has been studied for more than 140 years, and among the many proposed methods Köppen's system remains as the most utilized. Considering Köppen's climate classification importance for Brazil (geography, biology, ecology, meteorology, hydrology, agronomy, forestry and environmental sciences. Foram selecionadas três áreas em processo de restauração pelo método de plantio de mudas de espécies florestais nativas e uma área referência classificada como Floresta Ombrófila Densa (IBGE, 2012) (Tabela 1). Os solos predominantes são classificados em Latossolo Amarelo, Argissolo Amarelo, Plintossolo, Gleissolo e Neossolo (RODRIGUES et al., 2003). Todos os ecossistemas em restauração receberam adubação de plantio e pós plantio, conforme as exigências nutricionais. Adicionalmente houve o controle de formigas cortadeiras e de plantas daninhas invasoras durante os dois primeiros anos.

Ecossistema	Ano de plantio	Restauração (anos)	Área (ha)	Nº de parcelas
1	2009	9	71,44	8
2	2010	8	61,69	8
3	2011	7	123,23	12
Floresta de referência	-----	-----	-----	8

Tabela 1. Características dos três ecossistemas em processo de restauração florestal em áreas de mineração de bauxita, Paragominas, Pará, Brasil.

As espécies *Croton matourensis* Aubl. e *Vismia guianensis* (Aubl.) Choisy foram encontradas em todos os ecossistemas em restauração e estão entre as espécies como maior Índice de Valor de Importância (IVI), sendo que a primeira apresentou maior IVI (33,31%) no ecossistema com 8 anos de restauração, enquanto a segunda, maior IVI (12,84%) no ecossistema com 9 anos de restauração (MARTINS et al., 2020a). No ecossistema de floresta, *Croton matourensis* (Aubl.) e *Tapirira guianensis* Aubl. foram as espécies com maior IVI: 24,35% e 23,9%, respectivamente (MARTINS et al., 2018b).

Estoque de serapilheira e nutrientes

A coleta da serapilheira foi realizada aleatoriamente em parcelas permanentes de 20 m x 50 m distribuídas no interior dos ecossistemas, onde as áreas menores apresentavam 8 unidades de amostra e a maior doze unidades (Tabela 1). Para a amostragem da serapilheira foi utilizado um gabarito metálico nas dimensões de 0,5 m x 0,5 m (0,25 m²) e 0,10 m de altura. Coletamos 6 amostras em cada parcela, totalizando 72 no ecossistema com 8 anos de restauração e 48 amostras nos demais ecossistemas. As coletas foram

realizadas nos períodos mais e menos chuvoso (março e novembro, respectivamente), ambos em 2018. Após a coleta, a serapilheira foi triada em duas frações: lenhosa (ramos e material enrijecido) e não lenhosa (folhas e material não enrijecidos), e posteriormente, seca em estufa de circulação forçada a 70 °C por 72 horas. Em seguida o material foi pesado em balança analítica digital de precisão ($\pm 0,01$ g) e a porção não lenhosa foi triturada em um moinho de lâminas do tipo Willey com peneira de 0,85 mm de abertura.

Para determinação dos nutrientes no material vegetal, a metodologia utilizada foi a descrita por Malavolta et al. (1997), na qual o extrato obtido da digestão Nitríco-perclórica foi utilizado para quantificar os teores de cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}) e potássio (K^+) por espectrofotometria de absorção atômica (espectrofotômetro modelo AA7000, Shimadzu®, Japão), o fósforo (P) pelo método colorimétrico (colorímetro modelo RGB-2, PCE Instruments®, Reino Unido). E o nitrogênio (N) determinado pelo método Kjeldahl (aparelho Kjeldahl, Velp Scientífica®, Itália).

Análise de dados

Para testar a hipótese, os dados de massa seca e nutrientes foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk ($p>0.05$) e homogeneidade de variância de Bartlett ($p>0.05$). Atendidos a esses pressupostos de normalidade e homocedasticidade foi realizado a ANAVA e havendo diferença significativa ($p<0.05$) as médias entre os diferentes ecossistemas no mesmo mês foram comparadas, pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Para a comparação do mesmo ecossistema entre os períodos de coleta, foi realizado o teste t de Student ($p<0.05$). As análises estatísticas foram realizadas no software estatístico R versão 3.4.3 (R Core Team Development, 2017).

3 | RESULTADOS

A avaliação do estoque de serapilheira aponta a maior e a menor média para o ecossistema de referência e para o ecossistema com 7 anos, sendo de $7,12 \pm 0,34 \text{ Mg ha}^{-1}$ e $4,54 \pm 0,36 \text{ Mg ha}^{-1}$ respectivamente, ambos no mês de novembro (Fig. 1). O ecossistema de 8 anos foi semelhante ao ecossistema de referência nos dois meses de avaliação (Fig. 1), não diferindo estatisticamente.

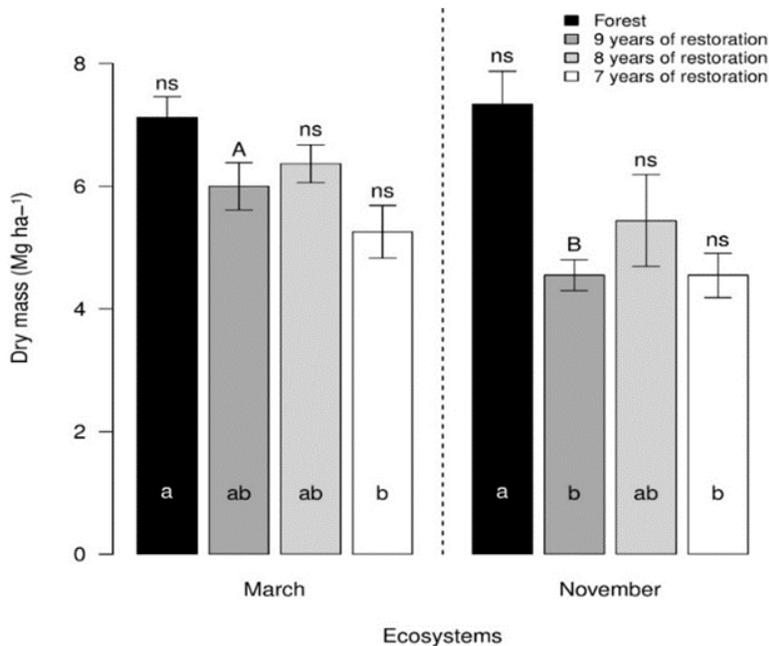


Figura 1. Estoque de serapilheira nos meses de março e novembro de 2018 em ecossistemas com diferentes idades de restauração florestal após mineração de bauxita e floresta de referência no município de Paragominas, Pará, Brasil. Médias seguidas de seus respectivos desvios-padrão com a mesma letra minúscula entre os ecossistemas no mesmo mês não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0.05$) e letras maiúsculas iguais entre os dois meses para cada ecossistema não diferem estatisticamente pelo teste de t ($p < 0.05$).

As menores concentrações de P foram encontradas nos ecossistemas referência e 7 anos de restauração no período menos chuvoso, e as maiores, nos ecossistemas de 9 e 8 anos para o mesmo período (Fig. 2A). Entre os dois períodos não foi reportado diferença ($p < 0.05$) entre o estoque de N para os ecossistemas referência, 9 e 8 anos de restauração, respectivamente, entretanto, houve diminuição para o ecossistema de 7 anos, sendo o único semelhante ao de referência no período mais chuvoso (Fig. 2B). Para o K^+ e Na^+ (Fig. 2C-D), as maiores concentrações foram observadas em novembro, sem diferença ($p < 0.05$) entre as concentrações dos ecossistemas nesse período para K^+ e com maior concentração para o ecossistema de referência para o Na^+ . A concentração de Ca^{2+} , entre os dois períodos, diferiu apenas para o ecossistema de 9 anos de restauração, sendo menor no mês de novembro (Fig. 2E). Houve aumento na concentração de Mg^{2+} apenas para o ecossistema de referência no período menos chuvoso, e nesse período a concentração do nutriente só não foi menor do que o ecossistema de 9 anos de restauração (Fig. 2F).

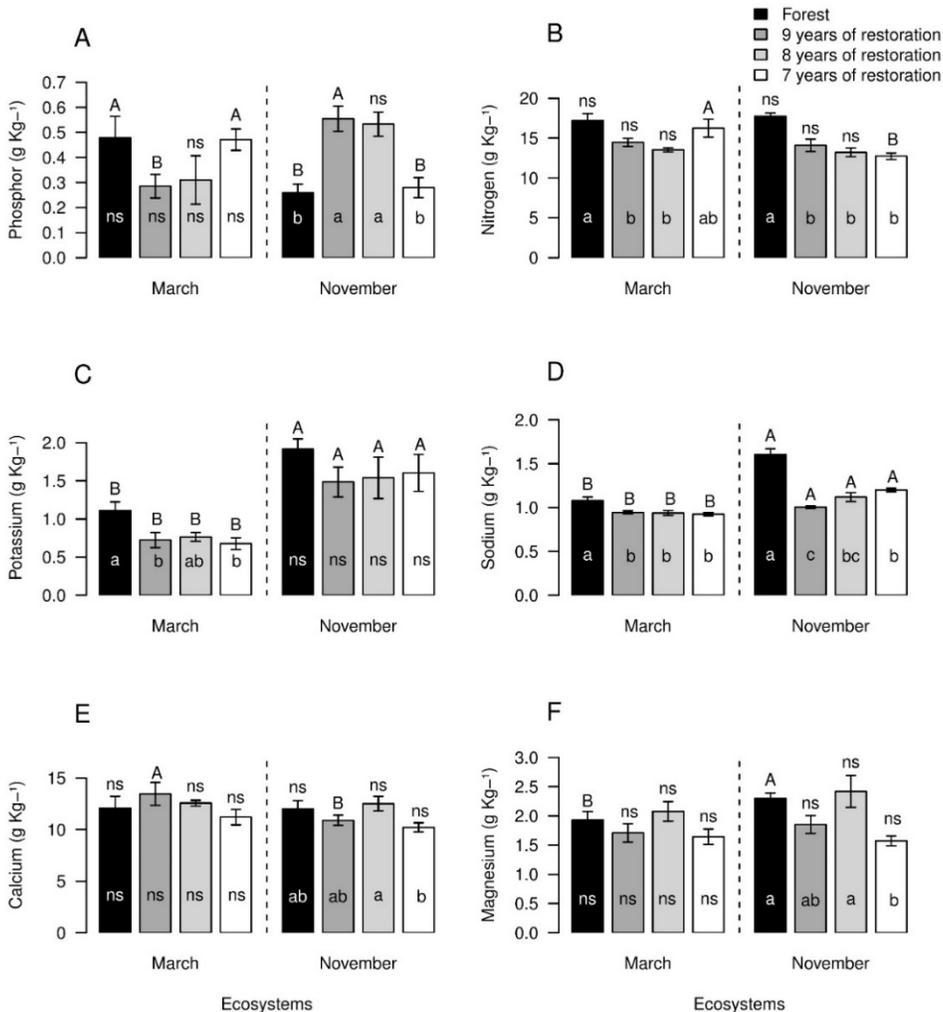


Figure 2. Concentração de nutrientes na serapilheira estocada no solo em ecossistemas em processo de restauração florestal após mineração de bauxita com 9, 8 e 7 anos de idade em uma floresta testemunha. Médias seguidas de seus respectivos erros padrões com a mesma letra minúscula entre os ecossistemas no mesmo mês não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) e letras maiúsculas iguais entre os dois meses para cada ecossistema não diferem estatisticamente pelo teste de t ($p < 0,05$). ns = diferença não significativa.

4 | DISCUSSÃO

Os nossos resultados assemelham-se com os encontrados para os demais ecossistemas em restauração e florestas em estágios iniciais de sucessão na Amazônia (DEMOLINARI, 2013; SILVA et al., 2018a; TAPIA-CORAL et al., 2014). Em ecossistemas florestais o acúmulo de serapilheira é influenciado diretamente pela produção e decomposição desse material. O processo de entrada e saída da serapilheira garante a

manutenção dos serviços ecossistêmicos (KIMMINS, 1987) tendo em vista as funções por ela desempenhadas, tais quais a ciclagem de nutrientes e a proteção dos solos, sobretudo na Amazônia onde há elevada e constante precipitação pluviométrica, e os solos dispõem de poucos nutrientes (MARTINS et al., 2018a).

Em ecossistemas degradados, o estoque de serapilheira auxilia no retorno das funções ecossistêmicas e promove melhores condições edáficas para o estabelecimento de plantas (SILVA et al., 2018a). Por esse motivo, o monitoramento da matriz biogeoquímica nesse tipo de ecossistema, e a comparação com ecossistemas em estágios avançado de sucessão, permite avaliar o desenvolvimento da restauração florestal (MARTINS et al., 2021). Após 8 anos de restauração, mais de 60% do estoque de biomassa é recuperado (AGUS et al., 2016) *understorey, litters, and soil organic under land use changes areas of open coal mining areas. The study was conducted in the coal mine concession area of PT. Berau Coal, at Site Binungan in Berau, East Kalimantan, Indonesia from September 2013 to October 2014. Data were collected from 10 plots representing ecosystem dynamics of coal mining land, consisting of: secondary forest, degraded forest; non-active mining pits; backfilling post-mining; re-vegetation forest by 2 years-old Johar (Senna siamea, o que explica a semelhança entre as médias dos estoques de serapilheira dos ecossistemas em restauração de 8 e 9 anos e o ecossistema referência. Além disso, os elevados estoques desses ecossistemas em restauração devem-se à fenologia das espécies com maior IVI, as quais trocam de folhas durante todo o ano (LÓPEZ et al., 2002) 47% P e 48% K – Hölscher, 1995 e à menor decomposição em ecossistemas degradados (FROUZ, 2018).*

Os baixos estoques do ecossistema de 7 anos em todos os períodos de coleta, quando comparados ao ecossistema referência, estão relacionados à maior dificuldade no estabelecimento de plantas, e conseqüentemente, menor produção de serapilheira (SILVA et al., 2018a). Nesse sentido, tendo em vista a baixa ciclagem de nutrientes, a serapilheira acumulada nos ecossistemas mais jovens desempenha a principal função de proteger o solo contra processos erosivos. Ao longo dos anos, a capacidade de retenção hídrica da serapilheira permite a construção de um ambiente favorável para o estabelecimento de agentes decompositores, melhorando as propriedades físicas do solo e aumentando a ciclagem de nutrientes por meio da decomposição (SILVA et al., 2018b), o que justifica a diminuição do estoque de serapilheira entre os períodos de coleta apenas no ecossistema de 9 anos. No ecossistema referência a variação entre períodos de coleta não foi observada pois apesar da rápida taxa de decomposição (SANCHES et al., 2009) *dinâmica e decomposição de serrapilheira em busca da sazonalidade do microclima em uma floresta tropical de transição Amazônia Cerrado, propõe-se estimar a produção de serrapilheira, por meio de caixas de coleta de 1 m² e o acúmulo de serrapilheira sobre o solo por meio de quadrantes de 25 x 25 cm, distribuídos aleatoriamente. Determinaram-se a constante de decaimento (K, há alta produção da matriz biogeoquímica em função da maior diversidade florística, fechamento do dossel e regeneração natural (SILVA et al., 2018a; VALENTINI et*

al., 2014).

A concentração dos elementos é diretamente afetada pelas condições climáticas, sobretudo pela precipitação pluviométrica (SOUZA et al., 2019), e pela mobilidade dos nutrientes (MARTINS et al., 2018b). Isto foi observado neste estudo principalmente para K^+ tendo em vista o aumento de sua concentração no período menos chuvoso, em todos os ecossistemas. Além disso, maior parte deste elemento é encontrada na forma solúvel, o que o torna mais susceptível à lixiviação no solo em períodos chuvosos (FAQUIN, 2005). De maneira geral, a retranslocação dos nutrientes ocorre como uma estratégia adaptativa para a menor perda de elementos limitantes no crescimento (GODINHO et al., 2013).

O N apresentou maior teor no período chuvoso para o ecossistema de referência. Entretanto, não houve diferença entre este e o ecossistema de 7 anos, pois apesar de haver uma tendência de aumento do N em ecossistemas mais jovens (MACHADO et al., 2016) "ISSN": "1807-8621", "abstract": "Internal retranslocation is an important mechanism for nutrient conservation in plants, which depends on different factors. However, there are little data about this subject, especially on tropical forest species. This study aimed to evaluate the macronutrient retranslocation dynamic and the influence of ecological (P: pioneer x NP: non-pioneer, a espécie com segundo maior IVI no ecossistema de floresta é da família Fabaceae, a qual faz associação com bactérias fixadoras (CALDEIRA et al., 2019). A não diferença estatística observada entre os ecossistemas para Ca^{2+} e Mg^{2+} no período mais chuvoso devem-se à baixa mobilidade do Ca^{2+} (CARVALHO et al., 2019) e à pouca variação da concentração de Mg^{2+} entre as espécies (FAQUIN, 2005). No período menos chuvoso, as diferenças observadas entre os ecossistemas, para a concentração dos dois elementos, estão relacionadas às estratégias adaptativas das plantas para menor perda dos nutrientes (KERBAUY, 2004). As menores concentrações de Ca^{2+} e Mg^{2+} no ecossistema de 7 anos ocorrem, provavelmente, pelo aumento da acidez e grau de intemperismo do solo, promovendo lixiviação desses nutrientes.

No período mais chuvoso, a não diferença de P reportada entre os ecossistemas pode ocorrer devido às elevadas perdas do nutriente para o perfil do solo (SELLE, 2007). Entretanto, em períodos de estresse hídrico, onde há maior abscisão foliar, o elemento é redistribuído para outras partes da planta com o intuito de diminuir as perdas (LAMBERS; OLIVEIRA, 2019). Além disso, as adubações iniciais auxiliam no aumento das concentrações desse nutriente, como observado para os ecossistemas de 8 e 9 anos de restauração, os quais apresentaram as maiores concentrações de P no período menos chuvoso. Todavia, a idade do ecossistema é um fator que indiretamente pode influenciar o estoque de P, como no caso do ecossistema mais jovem, o qual apesar de ter recebido adubações iniciais, apresenta maior atividade metabólica e, conseqüentemente, consomem os nutrientes mais rapidamente (FAQUIN, 2005). Para o ecossistema de referência, a baixa concentração nesse período, ocorre devido as altas taxas de retranslocação de P nos ecossistemas florestais na Amazônia, tendo em vista a deficiência desse elemento na região (OLIVEIRA,

2015; FLORES et al., 2020).

5 | CONCLUSÃO

O estoque de serapilheira e nutrientes apresentaram-se como bons indicadores da restauração florestal e demonstraram uma trajetória amplamente positiva no processo de restauração dos ecossistemas. Percebemos um retorno gradual das funções ecossistêmicas ao longo dos anos, porém ainda é necessária a realização de mais pesquisas abrangendo outros tipos de indicadores. Observamos que nos primeiros 7 anos de restauração, a proteção do solo é a principal função da serapilheira, e que as funções ecossistêmicas (como ciclagem de nutrientes) ocorrem com maior intensidade a partir de 8 anos.

AGRADECIMENTOS

Ao Laboratório de Manejo de Ecossistemas e Bacias Hidrográficas. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Hydro através do Consórcio de Pesquisa em Biodiversidade Brasil-Noruega (BRC). Este trabalho é de número BRC0030 na série de publicações da Biodiversity Research Brasil-Noruega.

REFERÊNCIAS

AGUS, C.; PUTRA, P. B.; FARIDAH, E.; WULANDARI, D.; NAPITUPULU, R. R. P. Organic carbon stock and their dynamics in rehabilitation ecosystem areas of post open coal mining at tropical region. **Procedia Engineering**, v. 159, n. June, p. 329–337, 2016.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; DE MORAES GONÇALVES, J. L.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.

ANM. Agência Nacional de Mineração. Planejamento e estratégias para 2019: Novas perspectivas. p. 83p., 2019.

BANDYOPADHYAY, S.; MAITI, S. K. Evaluation of ecological restoration success in mining-degraded lands. **Environmental Quality Management**, v. 29, n. 1, p. 89–100, 26 set. 2019.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília - DF: Senado Federal: Centro Gráfico. p. 292p., 1988.

CALDEIRA, M. V. W.; GODINHO, T. DE O.; MOREIRA, F. L.; CAMPANHARO, Í. F.; CASTRO, K. C.; MENDONÇA, A. R. DE; TRAZZI, P. A. Litter as an Ecological Indicator of Forest Restoration Processes in a Dense Ombrophylous Lowland Forest. **Floresta e Ambiente**, v. 26, n. 1, p. 1–11, 2019.

CARVALHO, H. C. DE S.; FERREIRA, J. L. S.; CALIL, F. N.; SILVA-NETO, C. D. M. E. Estoque de nutrientes na serapilheira acumulada em quatro tipos de vegetação no Cerrado em Goiás, Brasil. **Revista Ecologia e Nutrição Florestal - ENFLO**, v. 7, n. May, p. 06, 2019.

DAMACENO, J. B. D.; SILVA, W. G. DA; LIMA, H. N.; FALCÃO, N. P. DE S.; PADILHA, F. DE J.; JUNIOR, A. B. DA C.; MARTINS, J. K. D.; CANIATO, M. M.; SOUZA, F. R. DE; BRITO, W. B. M.; TUCCI, C. A. F. Physical, Chemical, Morphological and Mineralogical Characterization Surface and Subsurface in Hydromorphic and Non-hydromorphic Soil of the Central Amazon. **Journal of Agricultural Science**, v. 12, n. 4, p. 245, 15 mar. 2020.

DEMOLINARI, M. DE S. M. **Dinâmica da matéria orgânica de solos em processo de reabilitação após mineração de bauxita. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de plantas). Universidade Federal de Viçosa - UFV (Viçosa)**. [s.l.] Universidade Federal de Viçosa, 2013.

FAQUIN, V. **Nutrição Mineral das Plantas**. [s.l.] Universidade Federal de Lavras- UFLA, 2005.

FERNANDES, M. M.; SILVA, T. R.; FERREIRA, R. A.; PINTO, A. S.; MAGALHÃES, J. S.; SOUZA, I. B. A. Aporte de serapilheira em reflorestamento misto. **Acta Biológica Catarinense**, v. 5, n. 3, p. 90, 2018.

FLORES, B. M.; OLIVEIRA, R. S.; ROWLAND, L.; QUESADA, C. A.; LAMBERS, H. Editorial special issue: plant-soil interactions in the Amazon rainforest. **Plant and Soil**, v. 450, n. 1–2, p. 1–9, 2020.

FROUZ, J. Effects of soil macro- and mesofauna on litter decomposition and soil organic matter stabilization. **Geoderma**, v. 332, n. March 2017, p. 161–172, 2018.

GODINHO, T. DE O.; CALDEIRA, M. V. W.; CALIMAN, J. P.; PREZOTTI, L. C.; WATZLAWICK, LUCIANO FARINHA AZEVEDO, H. C. A.; ROCHA, J. H. T. Biomassa, macronutrientes e carbono Orgânico na serapilheira depositada em trecho de floresta Estacional Semidecidual Submontana, ES. **Scientia Forestalis/Forest Sciences**, v. 41, n. 97, p. 131–144, 2013.

IBGE, I. B. DE G. E. E. **Manual técnico da vegetação brasileira**. 2ª ed. Rio de Janeiro: [s.n.]. v. 39

KERBAUY, G. B. **Fisiologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004.

KIMMINS, J. P. Biogeochemistry: Cycling of Nutrients in Ecosystems. **Forest Ecology**, p. 68–129, 1987.

LAMBERS, H.; OLIVEIRA, R. S. **Plant Physiological Ecology**. [s.l.: s.n.].

LÓPEZ, C. V. DA C.; BRIENZA JÚNIOR, S.; LEÃO, N. V. M.; FERREIRA, A. R.; ROSA, É. P. DE A.; SANTOS, I. A. DOS. Fenologia de espécies da floresta secundária potencialmente acumuladoras de fósforo. In: **Embrapa Amazônia Oriental-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. Ilhéus: In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 4., 2002, Ilhéus. Anais: CEPLAC-CEPEC, 2002., 2002., 2002. p. 3.

MACHADO, M. R.; SAMPAIO, P. D. T. B.; FERRAZ, J.; CAMARA, R.; PEREIRA, M. G. Nutrient retranslocation in forest species in the Brazilian Amazon. **Acta Scientiarum**, v. 38, n. 1, p. 93–101, 1 jan. 2016.

MAO, X.; WEI, X.; JIN, X.; TAO, Y.; ZHANG, Z.; WANG, W. Monitoring urban wetlands restoration in Qinghai Plateau: Integrated performance from ecological characters, ecological processes to ecosystem services. **Ecological Indicators**, v. 101, n. January, p. 623–631, 2019.

MARTINS, W. B. R.; FERREIRA, G. C.; SOUZA, F. P.; DIONÍSIO, L. F. S.; OLIVEIRA, F. DE A. Deposição de serapilheira e nutrientes em áreas de mineração submetidas a métodos de restauração florestal em Paragominas, Pará. **Floresta**, v. 48, n. 1, p. 37–38, 2018a.

MARTINS, W. B. R.; VALE, R. L.; FERREIRA, G. C.; ANDRADE, V. M. S.; DIONÍSIO, L. F. S.; RODRIGUES, R. P.; OLIVEIRA, F. A.; SOUZA, G. M. P. Litterfall, litter stock and water holding capacity in post-mining forest restoration ecosystems, Eastern Amazon. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias - Brazilian Journal of Agricultural Sciences**, v. 13, n. 3, p. 1–9, 30 set. 2018b.

MARTINS, W. B. R.; BARROS, W. DOS S.; DIONÍSIO, L. F. S.; BEZERRA, T. G.; SANTOS, M. .; FERREIRA, G. C.; BARBOSA, V. M.; OLIVEIRA, F. A. Survival , growth and regeneration of forest species in mining areas in the Eastern Amazonia. **Scientia Plena**, v. 16, n. 6, p. 1–13, 2020a.

MARTINS, W. B. R.; LIMA, M. D. R.; BARROS, U. O.; AMORIM, L. S. V.-B.; OLIVEIRA, F. DE A.; SCHWARTZ, G. Ecological methods and indicators for recovering and monitoring ecosystems after mining: A global literature review. **Ecological Engineering**, v. 145, n. December 2019, p. 105707, fev. 2020b.

MARTINS, W. B. R.; SCHWARTZ, G.; RIBEIRO, S. S.; FERREIRA, G. C.; DE SOUZA BARBOSA, R.; DE PAULA, M. T.; BARBOSA, V. M.; DE ASSIS OLIVEIRA, F. Ecosystem restoration after bauxite mining: favorable indicators for Technosols construction and soil management using liming and subsoiling. **New Forests**, n. 0123456789, 12 fev. 2021.

OLIVEIRA, P. C. **Ecofisiologia de Agroecossistemas Amazônicos**. 1. ed. Jundiaí: [s.n.].

PRACH, K.; WALKER, L. R. Differences between primary and secondary plant succession among biomes of the world. **Journal of Ecology**, v. 107, n. 2, p. 510–516, 2019.

RODRIGUES, T. E.; SILVA, R. DAS C.; SILVA, J. M. L. DA; OLIVEIRA JÚNIOR, R. C. DE; GAMA, J. R. N. F.; VALENTE, M. A. Caracterização e Classificação dos Solos do Município de Paragominas, Estado do Pará. **Embrapa**, v. ISSN 1517-, p. 55, 2003.

SANCHES, L.; VALENTINI, C. M. A.; BIUDES, M. S.; DE, J.; NOGUEIRA, S. Dinâmica sazonal da produção e decomposição de serrapilheira em floresta tropical de transição Seasonal dynamics of the litterfall production and decomposition in tropical transitional forest. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 2, p. 183–189, 2009.

SCHUMACHER, M. V.; SZYMCZAK, D. A.; TRÜBY, P.; LONDERO, E. K.; MARAFIGA, J. Aporte De Serapilheira E Nutrientes Em Uma Floresta Estacional Decidual Na Região Central Do Rio Grande Do Sul. **Ciência Florestal**, v. 28, n. 2, p. 532, 2018.

SELLE, G. L. Ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais. **Bioscience Journal**, v. 23, n. 4, p. 29–39, 2007.

SILVA, K. DE A.; MARTINS, S. V.; MIRANDA NETO, A.; LOPES, A. T. Estoque de serapilheira em uma floresta em processo de restauração após mineração de bauxita. **Rodriguésia**, v. 69, n. 2, p. 853–861, jun. 2018a.

SILVA, W. B.; PÉRICO, E.; DALZUCHIO, M. S.; SANTOS, M.; CAJAIBA, R. L. Are litterfall and litter decomposition processes indicators of forest regeneration in the neotropics? Insights from a case study in the Brazilian Amazon. **Forest Ecology and Management**, v. 429, n. July, p. 189–197, 2018b.

SIMINERAL. **Sindicato das Indústrias Minerais do Estado do Pará. Mineração no Pará, Brasil e Mundo.**

SONTER, L. J.; HERRERA, D.; BARRETT, D. J.; GALFORD, G. L.; MORAN, C. J.; SOARES-FILHO, B. S. Mining drives extensive deforestation in the Brazilian Amazon. **Nature Communications**, v. 8, n. 1, p. 1013, 18 dez. 2017.

SOUZA, H. E. N.; VITORINO, M. I.; VASCONCELOS, S. S.; MARINHO, E. R.; BISPO, C. J. C. Influência De Sistemas Precipitantes Sobre a Produção De Serapilheira Em Manguezal Da Costa Amazônica. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais (Online)**, n. 54, p. 105–118, 2019.

TAPIA-CORAL, S. C.; LUIZÃO, F.; PASHANASI, B.; CASTILLO, D. DEL; LAVELLE, P. Influencia Da Massa E Nutrientes Da Littera Sobre a Composição Dos Macro-Invertebrados Em Plantíos Florestais Na Amazônia Peruana. **Folia Amazônica**, v. 23, n. 2, p. 171, 2014.

VALENTINI, C. M. A.; SOARES, G. D. S.; SANTANA, R. A.; GUIMARÃES, A. F. D. S.; SILVA, A. H. B. Produção, Acúmulo E Decomposição De Serapilheira Em Uma Área Revegetada Do Parque Estadual Massairo Okamura Em Mato Grosso. **Holos**, v. 5, p. 211, 2014.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Altura 2, 3, 4, 5, 31, 32, 44, 56, 61, 62, 72, 74, 75, 79, 87, 88, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 100

Arborização Urbana 1, 2, 8

Áreas verdes 28, 30, 37

B

Biomassa Aérea 32, 62

Biometria Florestal 88, 99

Biopromotores 5, 6, 1, 2, 7

C

Ciclagem de nutrientes 41, 42, 48, 50, 52

Competição 7, 7, 63, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100

Crescimento 5, 6, 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 19, 20, 25, 27, 28, 30, 33, 35, 36, 38, 49, 63, 73, 74, 84, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 95, 96, 97, 98, 100, 107

Cultivo in vitro 6, 16, 18, 19, 22, 25, 26

D

Dendrometria 70

Desenvolvimento inicial 20, 23

Diâmetro a altura do peito 91, 92

Diâmetro de copa 7, 72, 74, 75, 77, 80, 82, 83, 84, 89, 90, 91, 94, 95, 97

F

Fibras Vegetais 101, 106, 119

Fibrocimento 102

Floresta Estacional 52, 72, 87, 90, 92, 93

Floresta Nativa 19, 88

Fogo 54, 56, 57, 58, 64, 65, 66, 67, 68, 69

G

Germinação 6, 2, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 20, 21, 23, 24, 25, 26, 27

I

Incêndios Florestais 54, 55, 56

Incêndios Rurais 54, 55, 67

Inoculação de Microrganismos 4, 5

M

Manejo florestal 5, 19, 72, 73, 74, 75, 79, 88, 89, 90, 100

Micropropagação 16, 17, 18, 23, 25, 26, 27

Mineração 41, 42, 43, 44, 46, 47, 50, 51, 52, 53

MINERAÇÃO 6, 41

Mudança Climática 5, 6, 28, 30, 33, 37, 38

Mudas 5, 6, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 18, 22, 23, 30, 34, 35, 41, 42, 43, 44, 86

P

Painéis MDP 8, 107

Pastoreio 7, 54, 56, 57, 58, 60, 61, 69

Plantio 3, 30, 41, 42, 43, 44, 96, 100

Plântulas 4, 11, 13, 16, 21, 23, 24

Povoamento 35, 54, 56, 58, 61, 63, 64, 68, 83, 93, 95, 96, 100

Povoamentos Florestais 66, 68

Produção de mudas 1, 2, 3, 7, 8, 18

Propriedades físicas 48, 105, 107, 109, 111, 112, 116, 117, 119, 120

Propriedades mecânicas 108, 113, 114, 116, 118, 120

R

Recuperação de áreas degradadas 39

Restauração Florestal 5, 3, 41, 43, 44, 46, 47, 48, 50, 52

S

Serapilheira 6, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 50, 51, 52, 53

Serviços Ecosistêmicos 5, 28, 30, 32, 33, 35, 38, 39, 40, 48

Solo 8, 31, 33, 35, 41, 42, 43, 47, 48, 49, 50, 55, 57, 58, 61, 65, 66, 89, 109

T

Técnicas Silvícolas 54

Tratamento Químico 56, 102, 103

V

Velocidade de Emergência 11, 13

Empreendedorismo e Inovação na Engenharia Florestal 3

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

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

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

Empreendedorismo e Inovação na Engenharia Florestal 3

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

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

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 