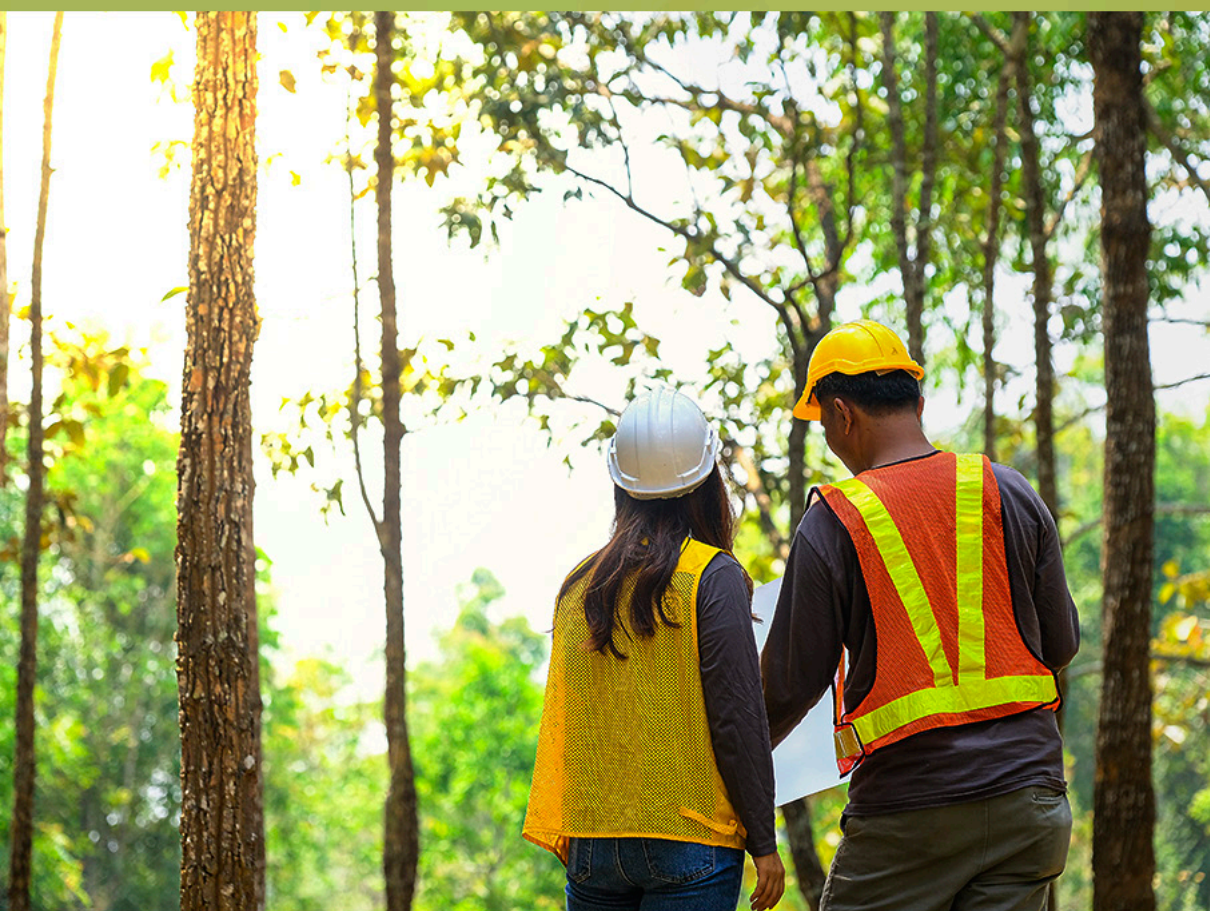


COLEÇÃO

# 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](http://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; 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 Ataíde  
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 1

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

Data de aceite: 01/02/2022

### Alexandre Diniz Breder

Doutorando em Saúde Coletiva pelo Instituto de Estudos em Saúde Coletiva da Universidade Federal do Rio de Janeiro – IESC/UFRJ  
Cidade Universitária, Rio de Janeiro, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/2524297783927597>

### Amanda Almeida Fernandes Lobosco

Mestre em Defesa e Segurança Civil pela Universidade Federal Fluminense- UFF  
Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro – CBMERJ  
Teresópolis – RJ, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/0724725340856553>

### Humberto Rodrigues Delegave Moura

Bacharel em Enfermagem pela Universidade Estácio de Sá – Nova Friburgo- RJ– UNESA- RJ  
Nova Friburgo-RJ, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/6605131464146698>

### Rodrigo Cosendey Maia

Bacharel em Enfermagem pela Universidade Estácio de Sá – Nova Friburgo- RJ– UNESA- RJ  
Nova Friburgo-RJ, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/2748080480901933>

### Viviane Faria Novaes

Bacharel em Enfermagem pela Universidade Estácio de Sá – Nova Friburgo- RJ– UNESA- RJ  
Prefeitura Municipal de Nova Friburgo-RJ  
Nova Friburgo-RJ, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/5895089302760428>

### Janaina Luiza dos Santos

Doutora em Ciências da Saúde pelo Departamento de Enfermagem e Ciências Humanas da Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto, EERP - USP  
Professora Adjunta da Universidade Federal Fluminense - UFF  
Rio das Ostras, RJ-Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/0278498676950719>

**RESUMO:** As atividades agrícolas, na sua maioria das vezes, além da utilização de agrotóxicos para o controle de pragas e para a capina química, utilizam queimada para fins de limpeza de terreno. As queimadas estão associadas a alterações respiratórias, aumento dos níveis de carboxiemoglobina e intoxicações a nível celular. É oportuno a abordagem da contaminação ambiental pelas queimadas em áreas rurais pela extensa utilização de agrotóxicos na atividade agrícola e a possível potencialização desta contaminação, pela queima concomitante da biomassa e dos resíduos de agrotóxicos contidos nos rejeitos da agricultura e no solo. **Objeto de estudo:** Relatar os incêndios florestais na região rural da RJ 130, rodovia Estadual que liga os municípios de Nova Friburgo e Teresópolis. **Objetivo geral:** Discutir as implicações dos incêndios florestais nas áreas rurais para a saúde humana. **Justificativa:** O estudo apresenta grande relevância, pois aborda a questão real dos incêndios florestais na região do destacamento de Bombeiros Militares de Bonsucesso 2/16 - Teresópolis e a vulnerabilidade da população residente, além do profissional que

atua diretamente no combate ao incêndio florestal. **Metodologia:** Trata-se de um estudo quantitativo, descritivo e documental com utilização de dados bibliográficos. **Conclusão:** A presença do destacamento na localidade trás inúmeros benefícios para a população, desde a diminuição do tempo resposta nos atendimentos de acidentes de trânsito até a diminuição dos incêndios florestais como constatado no estudo. Muito deve ser feito para a redução no número de casos de incêndios florestais, a educação ambiental nas escolas e na comunidade podem surtir um bom resultado.

**PALAVRAS-CHAVE:** Incêndio. Agrotóxico. Saúde Pública.

## FOREST FIRE IN RURAL AREA AND THEIR IMPLICATIONS ON PUBLIC HEALTH

**ABSTRACT:** Agricultural activities, in most cases, in addition to the use of pesticides for pest control and chemical weeding, use burning for land cleaning purposes. Burns are associated with respiratory changes, increased levels of carboxyhemoglobin and poisoning at the cellular level. It is opportune to address environmental contamination by burning in rural areas due to the extensive use of pesticides in agricultural activity and the possible potentialization of this contamination, by the simultaneous burning of biomass and pesticide residues contained in agricultural waste and in the soil. Object of study: To report the forest fires in the rural region of RJ 130, State highway that connects the cities of Nova Friburgo and Teresópolis. General objective: Discuss the implications of forest fires in rural areas for human health. Justification: The study has great relevance, as it addresses the real issue of forest fires in the region of the Bonsucesso 2/16 Military Fire Detachment - Teresópolis and the vulnerability of the resident population, in addition to the professional who works directly in combating forest fires. Methodology: This is a quantitative, descriptive and documentary study using bibliographic data. Conclusion: The presence of the detachment in the locality brings countless benefits to the population, from the reduction of the response time in the assistance of traffic accidents to the reduction of forest fires, as observed in the study. Much must be done to reduce the number of cases of forest fires, environmental education in schools and in the community can have a good result.

**KEYWORDS:** Fire. Agrototoxic. Public Health.

## INTRODUÇÃO

A intervenção humana sobre a natureza encontra-se em escala crescente e atrelada aos avanços científico-tecnológicos. Esta intervenção gera impactos destrutivos nas dinâmicas ecossistêmicas, ameaçando os sistemas de suporte à vida, desafiam a capacidade de compreensão dos problemas por parte de pesquisadores e gestores, dificultando os esforços de intervenção no campo do planejamento e da gestão (MINAYO; MIRANDA, 2002; FREITAS; PORTO, 2006).

A agricultura produz crescentes impactos destrutivos sobre a saúde e a qualidade de vida das comunidades locais. Ela provocando a destruição de paisagens e ecossistemas, erosão dos solos, diminuição das reservas hídricas e a perda de biodiversidade. (LEROY,

2002).

A utilização maciça de insumos químicos, principalmente agrotóxicos e fertilizantes sintéticos resulta em poluição das águas superficiais e subterrâneas, ameaça à segurança alimentar, e ainda compromete a saúde dos que trabalham na produção e dos consumidores. (LEROY, 2002).

Este sistema para SACHS, 2001 é um exemplo paradigmático de um estilo de desenvolvimento socialmente excludente e ecologicamente predatório. A agricultura, devido ao uso excessivo de fertilizantes, desmatamento, degradação do solo e criação intensiva de animais tem gerado um aumento nos níveis de emissões de gases do efeito estufa, o que pode ser confirmado pelo relatório “Mudanças do Clima, Mudanças no Campo” (GREENPEACE, 2008). Esse relatório traz detalhes de como a agricultura baseada no uso intensivo de energia e produtos químicos tem contribuído direta e indiretamente para as mudanças climáticas.

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) divulgou em 2009, com base em dados do ano anterior, que o Brasil assumiu a liderança do ranking mundial de consumo de agrotóxicos, respondendo pelo uso de 86% desses produtos em toda a América Latina (ANVISA, 2009; IDS/IBGE, 2010).

Segundo Brasil, 2016 o mercado nacional de agrotóxicos cresceu 190% na primeira década dos anos 2000, superando o crescimento mundial, que foi de 93%. De acordo com os dados do Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários (Agrofit), o glifosato aparece na primeira posição no ano de 2013.

Os efeitos perniciosos desses insumos químicos podem atingir os seres humanos de maneira direta ou indireta. Os trabalhadores rurais são os indivíduos que estão sujeitos diretamente aos efeitos nocivos dos agrotóxicos por meio da exposição ocupacional. Pesquisadores estimam que, somente nos países em desenvolvimento, aproximadamente 25 milhões de trabalhadores/ano são contaminados por agrotóxicos (PERES; MOREIRA, 2003).

Os agrotóxicos por si só são perigosos para o meio ambiente, podendo contaminar o solo, o lençol freático, os rios e a atmosfera pela volatilização a que estão suscetíveis, estes levam a inúmeros problemas de saúde, e estão relacionados ao aparecimento de câncer, infertilidade, alterações genéticas, más-formações e intoxicações agudas e crônicas. As atividades agrícolas, na maioria das vezes, além da utilização de agrotóxicos para o controle de pragas e para a capina química, também utilizam a queimada para fins de limpeza de terreno. As queimadas estão associadas a alterações respiratórias, aumento dos níveis de carboxiemoglobina e intoxicações a nível celular.

Segundo a Embrapa 2015.p1

A queimada ainda é muito utilizada pelos agricultores para limpeza e preparo do solo antes do plantio. Muitas vezes, essa prática é feita de maneira indiscriminada e sem acompanhamento, causando danos ao solo, como a



eliminação de nutrientes essenciais às plantas. As queimadas também trazem uma série de prejuízos à biodiversidade, a dinâmica dos ecossistemas e a qualidade do ar (Embrapa 2015.p1).

É oportuno a abordagem da contaminação ambiental pelas queimadas em áreas rurais pela extensa utilização de agrotóxicos na atividade agrícola e a possível potencialização desta contaminação pela queima concomitante da biomassa e dos resíduos de agrotóxicos contidos nos rejeitos da agricultura e no solo.

Os resíduos da agricultura após serem queimados podem contribuir para a poluição da atmosfera e conseqüentemente levar ao aumento e agravamento das doenças respiratórias para os indivíduos residentes e para os profissionais que se dispõem ao combate direto do incêndio.

Outro apontamento que se faz necessário é o acondicionamento dos agrotóxicos em meio às plantações, eles são produtos químicos e sua queima em um incêndio pode pôr em risco a vida da população e do combatente, tendo em vista neste momento se tratar de um incêndio florestal com queima de produto perigoso, o que deve ser atendido por pessoal treinado para tal.

## **Tema**

Os incêndios florestais na área rural da rodovia RJ 130 entre 2014 e 2017.

## **Objeto de estudo**

Relatar os incêndios florestais na região rural da RJ 130, rodovia Estadual que liga os municípios de Nova Friburgo e Teresópolis.

## **Questões norteadoras:**

- Qual é a quantidade de atendimento a incêndios florestais na área rural existente entre os municípios de Nova Friburgo e Teresópolis?
- Quais os possíveis impactos dos incêndios florestais em áreas rurais para a saúde da população local?

## **Objetivo geral**

Discutir as implicações dos incêndios florestais nas áreas rurais para a saúde humana.

## **Específicos:**

- Levantar os dados de incêndios florestais nos últimos 4 anos na região do destacamento de Bombeiros Militares de Bonsucesso 2/16 Teresópolis - RJ , localidades de Albuquerque, Soledade, São Lourenço, Salinas, Barracão dos Mendes, Frades, Vieira, Boa Vida, Campanha, Venda Nova, Vargem Alta além de Vale Alpino e adjacências.
- Relatar a partir de levantamento bibliográfico as possíveis implicações dos incêndios florestais para a saúde humana.

## Hipóteses

Os incêndios ocorridos na zona rural são práticas recorrentes e advêm de costumes culturais e fazem parte do dia a dia do agricultor.

## Justificativa

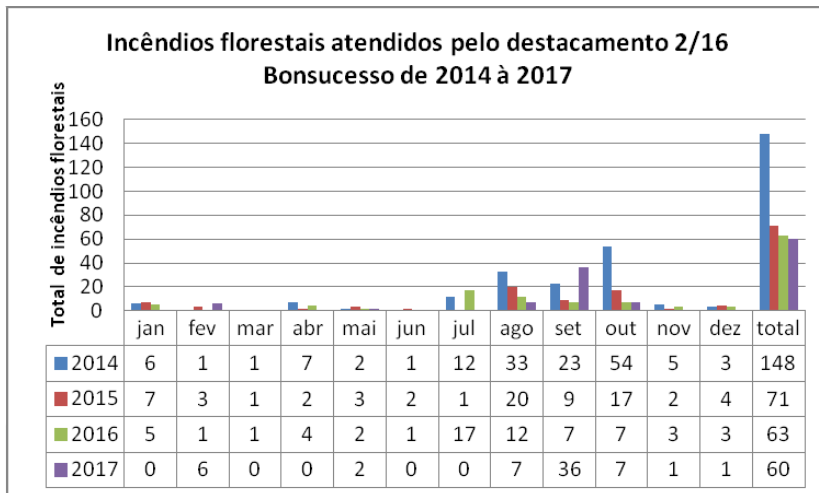
O estudo apresenta grande relevância, pois aborda a questão real dos incêndios florestais na região do destacamento de Bombeiros Militares de Bonsucesso 2/16 Teresópolis, interior do estado do Rio de Janeiro e a vulnerabilidade da população local, assim como para o profissional que atua diretamente no combate ao incêndio florestal.

## Metodologia

Trata-se de um estudo quantitativo, descritivo e documental com utilização de dados bibliográfico. Utilizaram-se periódicos que abordem os problemas de saúde pública decorrente dos incêndios florestais e contaminantes ambientais. Para a análise documental foi utilizado dados estatísticos de incêndios florestais do destacamento de Bombeiros Militares de Bonsucesso, entre o período de 2014 a 2017. O destacamento fica localizado na área operacional de Teresópolis interior do Estado do Rio de Janeiro, dados estes cedidos pelo comandante do destacamento ora citado.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O destacamento de Bonsucesso foi inaugurado em 28 de fevereiro de 2014, este destacamento atende uma população em torno de 15 mil pessoas, segundo a folha de Teresópolis, tendo como área de abrangência as seguintes localidades: 40 km de extensão na RJ 130, incluindo as rodovias marginais e adjacências. Faz divisa com a área do 6º Grupamento de Bombeiro Militar, Nova Friburgo e com o 16º Grupamento de Bombeiro militar, Teresópolis. Possui uma localização estratégica e atende a 2 municípios concomitantemente. Entre suas funções destacam-se o atendimento a incêndios florestais o qual é o foco deste trabalho. Abaixo apresentamos os dados de incêndios florestais de 2014 a 2017.



FONTE: DESTACAMENTO BONSUCESSO 2/16, 2018

Observa-se que a incidência de incêndios florestais no ano de 2014 foi de 148 casos, ano da inauguração do serviço na localidade. Os casos de incêndios florestais foram distribuídos durante todo o ano, tendo a maior incidência no mês de outubro totalizando 36,48% (54 casos). No ano 2015, observa-se uma queda de 52,02 % do total de casos comparado ao ano de 2014, de 148 para 71 casos, com distribuição de casos durante todo o ano, com maior incidência no mês de agosto com 28,16% (20 casos). Já no ano de 2016 observa-se nova queda 11,27 % do total de casos comparado ao ano de 2015 de 71 casos para 63 casos, também distribuídos durante todo o ano, com maior incidência no mês de julho 26,98% (17 casos). O ano de 2017 registrou uma queda de 4,78 % comparado ao ano de 2016 nos casos de incêndios florestais de 63 casos para 60 casos, neste ano não houve distribuição dos casos durante todo o ano, houve maior incidência de casos no mês de setembro com um total de 60% (36 casos). Comparando o ano de 2014 com o ano de 2017 houve uma queda de 59,45 % dos casos de incêndios florestais de 148 casos para 60 casos. Observa-se que a distribuição dos picos de incidência dos casos nos quatro anos foi aleatória, variando nos meses de julho, agosto, setembro e outubro.

## CONCLUSÃO

É evidente que a presença do destacamento na localidade trás inúmeros benefícios para a população, desde a diminuição do tempo resposta nos atendimentos de acidentes de trânsito na localidade até a diminuição dos incêndios florestais como constatado nas estatísticas apresentadas.

Muito deve ser feito para a redução no número de casos de incêndios florestais, educação ambiental nas escolas e na comunidade podem surtir um bom resultado

externamente. No meio interno ao destacamento de Bonsucesso deve-se pensar na saúde do profissional bombeiro, tendo em vista os malefícios já relatados na literatura sobre a inalação de fuligem, o que pode acarretar problemas respiratórios. Quando associado a contaminação por agrotóxicos dessas áreas queimadas podem potencializar a incidência de doenças do aparelho respiratório.

Os riscos só são sentidos quando visualizados. Desta forma, a percepção de risco relacionadas aos problemas ambientais e de saúde deve ser trabalhada tanto na comunidade como no meio interno do Corpo de Bombeiros, o que já é relatado na lei 12608/2012, na qual a população é responsável pela mitigação de desastres.

Este estudo não se conclui neste momento, faz-se necessário outros estudos para correlacionar as queimadas aos dados estatísticos de doenças respiratórias na comunidade estudada.

## REFERÊNCIAS

ANVISA. Reavaliação de agrotóxicos: 10 anos de proteção a população. **Anvisa Publica - Notícias da Anvisa** (online), Brasília, 2 de abril de 2009, Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/divulga/noticias/2009/020409.htm>. Acessado em 15 de março de 2018

Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador. Agrotóxicos na ótica do Sistema Único de Saúde / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador. – Brasília: Ministério da Saúde, 2016.

EMBRAPA: Alternativas ao uso do fogo na agricultura e as etapas para planejamento de uma queimada controlada.2015. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2471085/alternativas-ao-uso-do-fogo-na-agricultura-e-as-etapas-para-planejamento-de-uma-queimada-controlada>

Folha de Teresópolis. **Posto Avançado do Corpo de Bombeiros em Bonsucesso está em fase de acabamento**. 29 de julho de 2013: disponível em: <http://www.afolha.net/2013/07/29/posto-avancado-do-corpo-de-bombeiros-em-bonsucesso-esta-em-fase-de-acabamento/>

GREENPEACE. **Mudanças do Clima, Mudanças no Campo**. 2008 Disponível em: <http://www.greenpeace.org/brasil/Global/brasil/report/2008/6/ntegrelat-rio-mudan-as-do.pdf>. Acessado em 01/04/2018

LEROY, J.P. Debatedo o Capítulo Ambiente, Espaço, Território e o Campo da Saúde: a agricultura. *In: Saúde e ambiente sustentável: estreitando nós*. MINAYO, M.C. de S.; MIRANDA, A.C. de (Orgs.) Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2002.

MINAYO, M.C. de S. Enfoque Ecológico de Saúde e Qualidade de Vida. *In: Saúde e ambiente sustentável: estreitando nós*. MINAYO, M.C. de S.; MIRANDA, A.C. de (Orgs.) Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2002.

PERES, F.; MOREIRA, J.C. **É veneno ou é remédio? Agrotóxicos, saúde e ambiente**. PERES, F. (Org.). Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2003.

PORTO, M.F.de S.; FREITAS, C.M. de Análise de riscos tecnológicos ambientais: perspectivas para o campo da saúde do trabalhador. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, vol.13, suppl.2, p. 59-72, 1997.

SACHS, I. **Ecodesenvolvimento: Crescer sem destruir**. São Paulo: Vértice, 1986.

# CAPÍTULO 2

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

Data de aceite: 01/02/2022

Data de submissão: 10/01/2022

### **Wádilla Moraes Rodrigues**

Universidade Federal do Tocantins, Curso de Engenharia Florestal  
Gurupi Tocantins  
<http://lattes.cnpq.br/0149734248490627>

### **Maria Cristina Bueno Coelho**

Universidade Federal do Tocantins, Curso de Engenharia Florestal  
Gurupi Tocantins  
<https://orcid.org/0000-0003-0409-0624>

### **Marcos Giongo**

Universidade Federal do Tocantins, Curso de Engenharia Florestal  
Gurupi Tocantins  
<https://orcid.org/0000-0003-1613-6167>

### **Max Vinícios Reis de Sousa**

Universidade Federal do Tocantins, Curso de Engenharia Florestal  
Gurupi Tocantins  
<https://orcid.org/0000-0002-3509-6394>

### **Bonfim Alves Souza**

Universidade Federal do Tocantins, Curso de Engenharia Florestal  
Gurupi Tocantins

### **Yandro Santa Brigida Ataíde**

Universidade Federal do Tocantins, Curso de Engenharia Florestal  
Gurupi Tocantins  
<https://orcid.org/0000-0002-7593-353X>

### **Francisca de Cássia Silva da Silva**

Universidade Federal do Tocantins, Curso de Engenharia Florestal  
Gurupi Tocantins  
<https://orcid.org/0000-0003-4038-7142>

### **Mauro Luiz Erpen**

Istituto Federal do Tocantins, Curso de Engenharia Civil  
Gurupi Tocantins  
<https://orcid.org/0000-0002-5144-6665>

### **Maurílio Antonio Varavallo**

Universidade Federal do Tocantins, Curso de Engenharia Florestal  
Gurupi Tocantins  
<https://orcid.org/0000-0002-9113-296X>

### **Juliana Barilli**

Universidade Federal do Tocantins, Curso de Engenharia Florestal  
Gurupi Tocantins  
<https://orcid.org/0000-0002-2724-4254>

### **Damiana Beatriz da Silva**

Universidade Federal do Tocantins, Química  
Gurupi Tocantins  
<https://orcid.org/0000-0003-2962-9964>

### **André Ferreira dos Santos**

Universidade Federal do Tocantins, Curso de Engenharia Florestal  
Gurupi Tocantins  
<https://orcid.org/0000-0003-0449-5111>

**RESUMO:** A inflamabilidade é um atributo da matéria em combustão. A combustão começa com uma fonte de calor que implementa uma

reação química no combustível com a presença do comburente. O presente trabalho teve por objetivo avaliar o potencial das espécies *Luehea grandiflora* Mart. & Zucc. (Açoita cavalo), *Vatairea macrocarpa* (Benth.) Ducke (Amargoso), *Anacardium giganteum* W. Hancock ex Engl. (Cajú), *Campomanesia velutina* (Cambess.) O. Berg (Gariroba), *Astronium fraxinifolium* Schott (Gonçalo Alves); *Machaerium brasiliense* Vogel (Jacarandá), *Curatella americana* L (Lixeira), *Bauhinia rufa* (Bong.) Steud. (Pata de vaca), *Qualea grandiflora* Mart. (Pau terra grande). Para compor cortinas de segurança. Para isso as espécies foram analisadas em função do teor de umidade, altura de chama, velocidade de propagação do fogo. Foram realizadas 50 repetições por espécie as amostras foram coletadas no fragmento de Cerrado presente na Universidade Federal do Tocantins campus Gurupi, e as queimas realizadas nas dependências do laboratório de ciências ambientais e florestais do Centro de Monitoramento Ambiental e Manejo do Fogo (CeMAF).

**PALAVRAS-CHAVE:** Cerrado, inflamabilidade, fogo, umidade.

## FLAMMABILITY OF VEGETABLE SPECIES FROM THE STRICT SENSU CERRADO IN THE SOUTHERN REGION OF TOCANTINS

**ABSTRACT:** Flammability is an attribute of burning matter. Combustion starts with a heat source that implements a chemical reaction in the fuel with the presence of the oxidizer. The present work aimed to evaluate the potential of the species *Luehea grandiflora* Mart. & Zucc. (Horse whip), *Vatairea macrocarpa* (Benth.) Ducke (Amargoso), *Anacardium giganteum* W. Hancock ex Engl. (Cajú), *Campomanesia velutina* (Cambess.) O. Berg (Gariroba), *Astronium fraxinifolium* Schott (Gonçalo Alves); *Machaerium brasiliense* Vogel (Jacaranda), *Curatella americana* L (Lixeira), *Bauhinia rufa* (Bong.) Steud. (Pata de vaca), *Qualea grandiflora* Mart. (Large earth stick). To compose security curtains. For this, the species were analyzed as a function of moisture content, flame height, fire propagation speed. Fifty replicates per species were performed, samples were collected in the Cerrado fragment present at the Federal University of Tocantins campus Gurupi, and the burnings were carried out in the premises of the environmental and forest science laboratory of the Center for Environmental Monitoring and Fire Management (CeMAF).

**KEYWORDS:** Savannah, flammability, fire, humidity.

## 1 | INTRODUÇÃO

Diante da relação histórica do cerrado com o fogo, o bioma evoluiu por meio de adaptações que o tornaram, em alguns casos até dependente da ação do fogo. Dessa forma, o fogo tem promovido não apenas adaptações morfológicas e fisiológicas nas plantas do Cerrado, mas também nos processos ecológicos, tendo em vista que os incêndios e as queimadas periódicas estimulam o rebrotamento, a ciclagem dos nutrientes, a frutificação e o estabelecimento de plântulas de diversas espécies (COUTINHO, 1990)

As atividades humanas podem alterar a atividade natural do fogo, uma vez que modificam os padrões de ignição e provocam os incêndios, causando transformações substanciais no ecossistema e perda de biodiversidade (BOVIO et al., 2017). As emissões de gases pelo incêndio florestal ultrapassam os limites locais, provocando impactos globais



no efeito estufa e poluição (KRUG et al., 2002). Já o Cerrado preservado absorve cerca de 2ton/ha/ano de CO<sub>2</sub> atmosférico e o aprovisiona em forma de Carbono na biomassa. Hoje a atmosfera conta com o dobro de carbono do que tinha antes da revolução industrial, o que tem levado a um aumento na temperatura média do planeta com efeitos catastróficas anunciadas (SCHENKEL et al., 2002; KRUG et al., 2002). Mas adiante da destruição do ambiente florestal, os incêndios causam grande poluição atmosférica levando a um alto índice de acometimento por doenças respiratórias principalmente em crianças e idosos que podem até morrer. (CASTRO et al. 2009)

Nesse sentido o entendimento das características do combustível é extremamente importante para a prevenção de incêndios, com a intenção de reduzir os impactos negativos que podem ser causados, bem como determinar a frequência e propagação de florestas incêndios (DIMITRAKOPOULOS & PAPAIOANNOU, 2001; GANTEAUME et al., 2011; VAN ALTENA et al., 2012). Consequentemente, a intensidade de um incêndio florestal possui relação direta com alguns fatores como tipo de vegetação e sua estrutura, fisiológico estado do material vegetal, tamanho de partícula (fina ou grossa), teor de umidade do material vegetal composição química, arranjo de espaço, topografia do terreno e condições climáticas (HACHMI et al., 2011; XANTHOPOULOS et al., 2012).

Seidl et al. (2017) em estudo sobre distúrbios florestais sob mudanças climáticas, afirma que para condições futuras mais quentes e mais secas, haverá um aumento dos incêndios florestais. O fogo, pode gerar danos e benefícios a um ecossistema, entretanto essa relação é influenciada por dois fatores principais: condições meteorológicas local e disponibilidade e característica do material combustível, o combustível é todo o material orgânico, vivo ou morto, no solo, sobre o solo ou acima do solo, capaz de entrar em ignição e queimar. A influência desse material no comportamento do fogo e por consequência na ação do fogo sobre o ecossistema, irá variar de acordo com suas características, tais como: disponibilidade, distribuição, tipologia (SOARES; BATISTA, 2007). Um dos principais fatores que influenciam o processo de combustão é a inflamabilidade dos combustíveis florestais. Estando associada à facilidade com que o material combustível entra em ignição, a propriedade do combustível em continuar queimando, a velocidade de queima e a quantidade de combustível consumido (HERNANDO, 2009).

A inflamabilidade é uma característica da matéria em combustão. A combustão inicia-se com uma fonte de calor que aciona uma reação química no combustível com a participação do comburente (Oxigênio presente no ar). Então, dá-se o aumento de temperatura e conseqüente liberação de calor, desestabilizando a matéria. Assim, ocorre a decomposição térmica pela quebra das moléculas em partículas menores, iniciando a pirólise. Portanto, o combustível passa para o estado gasoso antes da ignição. Os gases combustíveis desprendidos durante a pirólise influenciam sobremaneira o comportamento da queima, ao reagirem com o Oxigênio produzindo as chamas (CARVALHO et al., 2006 ). O material vegetal é sempre combustível, contudo nem sempre é inflamável. A

inflamabilidade varia de acordo com a espécie e com conteúdo de umidade (VÉLEZ, 2000).

Em razão da ausência de pesquisas direcionadas ao tema e como o material combustível pode influenciar na indubitabilidade ou suspensão do fogo, tendo em vista que os demais elementos clima, relevo e tempo são classificados como incontroláveis. Desta forma a compreensão das características de inflamabilidade de espécies do Cerrado pode ser considerada essencial para a prevenção dos incêndios florestais neste bioma.

## 2 | METODOLOGIA

As amostras foram coletadas no fragmento de Cerrado presente na Universidade Federal do Tocantins campus Gurupi, localizado a 11° 44' de latitude sul e 49°03' de longitude oeste, a 286 metros de altitude e as queimas realizadas nas dependências do laboratório de ciências ambientais e florestais do Centro de Monitoramento Ambiental e Manejo do Fogo (CeMAF). Para realização do experimento foram coletados, em toda a área externa da copa, folhas e ramos vivos com diâmetro inferior a 0,7 cm, considerados por Schroeder & Buck (1970) como combustível fino, com tempo de resposta de 1 hora (1h timelag) em relação à variação ambiental.

As espécies analisadas foram: *Luehea grandiflora* Mart. & Zucc. (Açoita cavalo), *Vatairea macrocarpa* (Benth.) Ducke (Amargoso), *Anacardium giganteum* W. Hancock ex Engl. (Cajú), *Campomanesia velutina* (Cambess.) O. Berg (Gariroba), *Astronium fraxinifolium* Schott (Gonçalo Alves); *Machaerium brasiliense* Vogel (Jacarandá), *Curatella americana* L (Lixeira), *Bauhinia rufa* (Bong.) Steud. (Pata de vaca), *Qualea grandiflora* Mart. (Pau terra grande).

Foram avaliados 4 tratamentos sendo eles 0%, 33%, 66% e 100% de umidade para cada espécie, tendo sido realizada 50 repetições para cada tratamento. Cada queima foi constituída de  $1 \pm 0,1$  g de material combustível verde, obtido através de uma balança de precisão. Todas os passos para a realização da queima foram executados sem entrar em contato direto com o material, com a utilização de luvas de látex, para evitar alterações em suas propriedades.

Para a realização das queimas foi utilizado o epirradiator em condições controladas sem interferência de correntes de ar para assegurar a homogeneidade das condições para todas a queimas. Para isso o mesmo foi estalado em uma capela, também foi necessária a existência de uma chama piloto, localizada no centro do disco e a 4 cm acima do mesmo e uma régua graduada (Figura 1).

Procedeu-se a análise de variância (ANOVA) para cada espécie. Foi utilizado o teste Scott-Knott (1974) ao nível de 5% de probabilidade para comparação entre médias, envolvendo todas as espécies, os cálculos estatísticos foram feitos pelos Softwares SISVAR e Excel 2010.



Figura 01 - Epirradiador, chama piloto e régua graduada.

Para definir o teor de umidade do material combustível foi utilizada a equação 1 (BATISTA, 1990), sendo a massa seca obtida através de 200 g das amostras secas levadas à estufa por 48 horas a 75 C.

$$U = \left( \frac{MU - MS}{MS} \right) * 100 \quad (1)$$

Onde:

U teor de umidade do material (%);

MU massa úmida do material no momento da coleta (g);

MS massa seca do material após estufa (g).

As propriedades da combustão analisadas, de acordo com o proposto por Petriccione (2006), foram:

- Tempo para ignição (TI): tempo trilhado até o início da combustão do material combustível;
- Frequência de ignição (FI): número de vezes em que ocorreu ignição;
- Duração da combustão (DC): tempo em que a chama transpôs acesa;
- Índice de combustão (IC): energia de combustão da queima; determinada por meio da média do comprimento da chama e classificada segundo os índices dispostos na tabela 01;
- Valor de inflamabilidade (VI): classificado mediante o FI e o TI (Tabela 02).

Índice de combustão (IC)	Designação do IC	Comprimento da chama (cm)
IC1	Muito baixa	< 1
IC2	Baixa	1 a 3
IC3	Média	4 a 7
IC4	Alta	8 a 12
IC5	Muito alta	> 12

Tabela 01 - Índices do valor de combustão.

TI (s)	Frequência de Ignição (FI)					
	< 25	25-38	39-41	42-44	45-47	48-50
> 32,5	0	0	0	1	1	2
27,6-32,5	0	0	1	1	2	2
22,6-27,5	0	0	1	2	2	2
17,6-22,5	1	1	2	2	3	3
12,6-17,5	1	1	2	3	3	4
< 12,6	1	2	3	3	4	5

Em que: FI - frequência de ignição e TI - tempo para ignição. O valor de inflamabilidade (VI) será classificado em função do número correspondente, em que: VI = 0 (fracamente inflamável); VI = 1 (pouco inflamável); VI = 2 (moderadamente inflamável); VI = 3 (inflamável); VI = 4 (altamente inflamável) ou VI = 5 (extremamente inflamável).

Tabela 02 - Índices do valor de inflamabilidade.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Analisando os resultados podemos observar para o tempo de ignição (MTI) no tratamento 0% não houve diferença significativa entre as espécies. A espécie Jacarandá obteve o maior valor no tratamento 33%, diferindo assim das demais espécies conforme apresentadas na tabela 3. No tratamento 66% a espécie Pata de vaca obteve maior valor para o tempo de ignição e o Caju o menor valor. Já no tratamento 100% a espécie que teve maior média foi a Gabiroba.

VR	ESPECIE	0%	33%	66%	100%
MTI	Açoita Cavallo	2,08 Aa	6,15 Bb	8,85 Bb	15,19 Bc
	Amargoso	3,06 Aa	8,31 Bb	9,66 Bb	9,59 Ab
	Cajú	4,13 Aa	7,72 Ba	6,11 Ab	9,30 Ab
	Gabiroba	2,30 Aa	8,19 Bb	9,98 Bb	14,05 Bc
	Gonçalo alves	2,42 Aa	9,63 Bb	10,91 Bb	10,27 Ab
	Jacarandá	1,87 Aa	4,26 Aa	9,91 Bb	12,08 Bb
	Lixeira	2,51 Aa	10,35 Bb	10,45 Bb	9,47 Ab
	Pata de vaca	2,81 Aa	9,62 Bb	14,81 Cc	13,11 Bc
MDC	Pau terra grande	2,017 Aa	8,46 Bb	7,67 Bb	10,96 Ab
	Açoita Cavallo	11,96 Bb	15,48 Dc	11,13 Cb	7,85 Ba
	Amargoso	7,31 Ab	6,44 Ab	4,22 Aa	2,20 Aa
	Cajú	8,30 Ab	7,55 Ab	4,53 Aa	2,54 Aa
	Gabiroba	9,00 Aa	10,69 Cb	12,16 Cb	8,09 Ba
	Gonçalo alves	10,22 Bc	6,19 Ab	3,28 Aa	2,88 Aa
	Jacarandá	9,01 Ab	11,65 Cc	10,88 Cc	6,72 Ba
	Lixeira	10,63 Bc	9,17 Bc	5,30 Ab	2,06 Aa
MHC	Pata de vaca	11,27 Bc	10,14 Cc	6,84 Bb	3,85 Aa
	Pau terra grande	12,36 Bc	10,33 Cc	6,71 Bb	3,18 Aa
	Açoita Cavallo	38,44 Bc	27,82 Bb	30,72 Cb	11,22 Aa
	Amargoso	44,90 Cc	23,76 Ab	22,56 Bb	8,98 Aa
	Cajú	32,62 Ac	21,76 Ab	12,90 Aa	8,16 Aa
	Gabiroba	43,82 Cb	26,44 Ba	24,28 Ba	20,36 Ca
	Gonçalo alves	40,18 Bc	24,08 Ab	15,46 Aa	13,64 Ba
	Jacarandá	51,10 Dc	35,90 Cb	22,04 Ba	19,92 Ca
MHC	Lixeira	38,10 Bc	23,78 Ab	10,20 Ba	5,64 Aa
	Pata de vaca	40,24 Bc	26,60 Bb	22,28 Bb	14,90 Ba
	Pau terra grande	38,74 Bc	20,78 Ab	10,70 Aa	8,58 Aa

Tabela 03 - Valores médios das variáveis de inflamabilidade.

Na média de duração de combustão (MDC) no tratamento 0% as espécies Açoita cavalo, Gonçalo Alves, Lixeira, Pata de vaca e Pau-terra-grande obtiveram as maiores médias, no tratamento 33% as espécies Amargoso e Gonçalo Alves tiveram menor média em destaque Açoita Cavallo que obteve a maior média. Já no tratamento 66% as espécies Açoita cavalo, Gabiroba e Jacarandá tiveram maiores médias em relação ao Amargoso,

Caju, Gonçalves Alves e Lixeira. No tratamento 100% as espécies Açoita cavalo e Jacarandá apresentaram os maiores valores. Neves (2016) relatou que a diferença nos teores de umidade das espécies pode estar concernente ao estado fisiológico das espécies e ao comportamento na manutenção de suas folhas.

Na média de altura de chama (MHC) para os tratamentos 0% e 33% a espécie Jacarandá obteve destaque, sendo esta a espécie com maior valor de altura de chama. No tratamento 66% a espécie Açoita cavalo obteve maior média. No tratamento 100% as maiores médias foram das espécies Gabiroba e o Jacarandá.

As variáveis que induzem no comportamento do fogo, sobreveste o tempo para ignição e o comprimento inicial da chama, estão associadas ao teor de umidade dos materiais combustíveis (HERNANDO, 2009). Essa afirmação, examina se que a espécie que apresentou baixo teor de umidade, porém a espécie jacarandá apresentou alto teor de umidade e parâmetros da queima elevados.

Geralmente a umidade foliar chega a 300% no período de folheação do vegetal e decresce para cerca de 50% devido ao processo de senescência foliar, e juntamente aos óleos essenciais voláteis, a umidade dificulta a absorção de energia pelo material durante o processo de combustão, influenciando diretamente na inflamabilidade ( SOARES; BATISTA, 2007; WHITE; ZIPPERER 2010).

Para esse fim podemos considerar ainda, que as amostras foram coletadas ao decorrer dos meses de setembro, outubro e novembro. Por tanto outubro e novembro (período chuvoso), o que eventualmente esclareceria esse alto teor de umidade em todas espécies estudadas. Rodriguez et al. (2016) informou que a umidade do material em análise é de extrema importância para a interpretação dos resultados.

## 4 | CONCLUSÕES

As espécies Garioba, Gonçalves Alves apresentaram melhores resultados em relação às variáveis de inflamabilidade. Entretanto, as espécies (Açoita cavalo, Amargoso, Caju, Lixeira, Pata de vaca e Pau terra grande) foram classificadas como fracamente inflamáveis, enquanto Jacarandá demonstrou ser inflamável, indicando, em princípio, potencial das mesmas para uso em cortinas de segurança na prevenção de incêndios florestais.

## REFERÊNCIAS

BATISTA, A. C. **Incêndios florestais**. Recife: Imprensa Universitária da UFRPE, 115 p. 1990.

BOVIO, G.; MARCHETTI, M.; TORNARELLI, L.; SALIS, M.; VACCHIANO, G.; LOVREGLIO, R.; ELIA, M.; FIORUCCI, P.; ASCOLI, D. Forest fires are changing: let's change the fire management strategy. **Forest@**, v. 14, p. 202-205, 2017.

CASTRO, H. A, GONÇALVES, K. S., HACON, S. S. Tendência da mortalidade por doenças respiratórias em idosos e as queimadas no Estado de Rondônia/Brasil – período entre 1998 e 2005. **Ciência & Saúde Coletiva**, v.14, n. 6, p. 2083-2090, 2009.

COUTINHO, L. M. O cerrado e a ecologia do fogo. **Ciência hoje**, v.12, n.68, p. 23-30, 1990.

DIMITRAKOPOULOS, A.P.; PAPAIOANNOU, K.K. Flammability assessment of mediterranean forest fuels. **Fire Technology**, v. 37, n. 2, p. 143–152, 2001.

GANTEAUME, A.; JAPPIOT, M.; LAMPIN-MAILLET, C.; CURT, T.; BORGNIET, L. Effects of vegetation type and fire regime on flammability of undisturbed litter in Southeastern France. **Forest Ecology and Management**, v. 261, n. 12, p. 2223–2231, 2011.

HACHMI, M.; SESBOU, A.; BENJELLOUN, H.; HANDOUZ, N.E.; BOUANANE, F. A simple technique to estimate the flammability index of moroccan forest fuels. **Journal of Combustion**, v. 2011.

HERNANDO, C. L. Combustibles forestales: inflamabilidad. In: Vélez, R. M. (Coord). La defensa contra incendios forestales: fundamentos y experiencias, 2. ed. **Espanha: Mcgrawhill**, 2009.

KRUG, T.; FIGUEIREDO, H. B.; SANO, E. E.; ALMEIDA, C. A.; SANTOS, J. R.; MIRANDA, H. S.; SATO, M. N.; ANDRADE, S. M. A. (2002). Primeiro inventário brasileiro de emissões antrópicas de gases de efeito estufa. Relatórios de referência. Emissões de gases de efeito estufa da queima de biomassa no Cerrado não-antrópico utilizando dados orbitais. Ministério da Ciência e **Tecnologia, Brasília**.

MAIROTA, P.; SVOBODA, M.; FABRIKA, M.; NAGEL, T. A.; REYER, C. P. O. Forest disturbances under climate change. **Nature Climate Change**, v. 7, n. 6, p. 395-402, 2017.

NEVES, P. C. **Avaliação da inflamabilidade de cinco espécies da floresta ombrófila mista**. 2016. Trabalho de conclusão de curso – Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

RODRIGUEZ, Y. C.; RODRIGUEZ, M. P. R.; MESA, F. J.; HERNÁNDEZ, Y. C.; BECERRA, L. W. M. Inflamabilidad de especies vegetales del ecosistema de pinares. *Revista Cubana de Ciencias Forestales: CFORES*, v. 4, n. 1, p. 5, 2016.

SCHROEDER, M. J.; BUCK, C. C. Fire weather. Washington, DC: **USDA Forest Service**, 1970.

SCHENKEL, C. S.; BRUMMER, B. M.; FELIZOLA, E. R. (2002). Vegetação do Distrito Federal: tempo e espaço. Uma avaliação multitemporal da perda de cobertura vegetal no DF e da diversidade florística da Reserva da Biosfera do Cerrado – Fase 1– 2.ed. – Brasília: UNESCO.

SEIDL, R.; THOM, D.; KAUTZ, M.; MARTIN BENITO, D.; PELTONIEMI, M.; VACCHIANO, G.; WILD, J.; ASCOLI, D.; PETR, M.; HONKANIEMI, J.; LEXER, M. J.; TROTSIUK, V.; MAIROTA, P.; SVOBODA, M.; FABRIKA, M.; NAGEL, T. A.; REYER, C. P. O. Forest disturbances under climate change. **Nature Climate Change**, v. 7, n. 6, p. 395-402, 2017.

SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. **Incêndios florestais: controle, efeitos e uso do fogo**. Curitiba, 2007. 264 p.



SOARES, R. V.; BATISTA, A. C.; TETTO, A. F. **Incêndios florestais**: controle, efeitos e uso do fogo. Curitiba, 2ª edição revisada, 2017. 255 p.

SOUZA, A. S. **Levantamento de plantas de baixa inflamabilidade em áreas queimadas de cerrado no Distrito Federal e análise das suas propriedades físicas**. 2015. 107 f. Dissertação (Mestrado em Ciências florestais) - Departamento de engenharia florestal, Faculdade de Tecnologia, Brasília.

VAN ALTENA, C.; VAN LOGTESTIJN, R. S. P.; CORNWELL, W. K.; CORNELISSEN, J. H. C. Species composition and fire; non-additive mixture effects on ground fuel flammability. **Frontiers in Plant Science**, v. 3, p.1-10, 2012

VÉLEZ, R. La defensa contra incendios forestales. **Fundamentos y experiencias**. Madrid: McGraw Hill, 2000. 780 p.

WHITE, R. H.; ZIPPERER, W. C. Testing and classification of individual plants for fire behaviour: plant selection for the wildland–urban interface. **International Journal of Wildland Fire**, v.19, n. 2, p. 213-227, 2010.

XANTHOPOULOS G.; CALFAPIETRA C.; FERNANDES P. Fire hazard and flammability of European forest types. In: MOREIRA F.; ARIANOUTSOU M.; CORONA P.; DE LAS HERAS J. (Eds.) **Post-fire management and restoration of Southern European Forests**. Dordrecht: Springer, 2012. p. 79-92. (Managing Forest Ecosystems, 24).

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

*Data de aceite:* 01/02/2022

*Data de submissão:* 15/12/2021

### **Carlos Nieto Ramos**

Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, Departamento de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente  
Puerto Maldonado, Perú  
<https://orcid.org/0000-0001-6317-7717>

### **Marx Herrera-Machaca**

Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, Institutos de Investigación, Vicerrectorado de Investigación  
Puerto Maldonado, Perú  
<https://orcid.org/0000-0002-8391-3977>

### **Jorge Garate-Quispe**

Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, Institutos de Investigación, Vicerrectorado de Investigación  
Puerto Maldonado, Perú  
<https://orcid.org/0000-0002-7494-2274>

**RESUMEN:** El objetivo del presente estudio fue analizar los cambios en detección de focos de calor mediante la aplicación de sistemas de información geográfica (SIG) y sensores remotos en los bosques de la provincia de Tahuamanu – Madre de Dios, durante el periodo 2017-2019. Se realizó la búsqueda de imágenes satelitales y de fotografía aérea que cubran la mayor parte de la superficie de la provincia de Tahuamanu de los meses de agosto, setiembre, octubre y noviembre de los años 2017, 2018 y

2019. También se descargó la base de datos de focos de calor del INPE (Instituto Nacional De Pesquisas Espacia), programa Queimadas, de su página web, se contrastará con las imágenes satelitales validando los focos de calor. se encontró que los focos de calor se incrementaron considerablemente en las tres provincias de Madre de Dios durante el 2019. Siendo las provincias de Tambopata y Tahuamanu las que tuvieron un mayor incremento (>150%). Con respecto a los distritos de la provincia de Tahuamanu, se encontró diferentes patrones en los focos de calor. Para el distrito de Tahuamanu se observó que el número de focos de calor se viene de forma constante durante el periodo evaluado. Mientras que en Iberia e Iñapari se ha incrementado considerablemente los focos de calor en el 2019.

**PALABRAS CLAVE:** Foco de calor, incendios forestales, sensores remotos, SIG, Madre de Dios.

### DETECTION HOT SPOTS USING REMOTE SENSING IN FORESTS FROM PROVINCE OF TAHUAMANU, PERUVIAN AMAZON (2017-2019).

**ABSTRACT:** The objective of this study was analyze the changes in detection of hot spots through the application of geographic information systems (GIS) and remote sensing in the forests of the province of Tahuamanu - Madre de Dios during the period 2017-2019. A search was conducted for satellite images and aerial photography covering most of the area of the province of Tahuamanu for the months of August, September, October, and November of the years

2017, 2018, and 2019. The INPE (Instituto Nacional De Pesquisas Espaciais) heat hot spot database, Queimadas program, was also downloaded from their website, it will be contrasted with the satellite images validating the heat hot spots. It was found that the heat hot spots increased considerably in the three provinces of Madre de Dios during 2019. The provinces of Tambopata and Tahuamanu had the most significant increase (>150%). With respect to the districts in the province of Tahuamanu, different patterns were found in the hot spots. For the district of Tahuamanu, it was observed that the number of hot spots was constant during the period evaluated. While in Iberia and Iñapari, the number of hot spots increased considerably in 2019.

**KEYWORDS:** Hot spots, forest fires, remote sensing, GIS, Madre de Dios.

## INTRODUCCIÓN

Los incendios forestales son un importante peligro socioeconómico y medioambiental, y se prevé que su gravedad y frecuencia aumenten como consecuencia del cambio climático. Cada vez es más difícil tomar decisiones para la restauración de los ecosistemas a medida que aumenta la incidencia de incendios de gran gravedad y que afectan a amplias zonas, la mayoría de estos incendios forestales son causados por acciones antrópicas (SIAR, 2018).

El análisis de la distribución espacial de los focos de calor y la composición vegetal de las zonas donde se presentan estas ocurrencias es de mucha importancia para la toma de decisiones y un mayor control y acciones contra posibles incendios forestales de gran intensidad. Un foco de calor es una representación gráfica de una anomalía sobre la superficie de la tierra, que irradian temperaturas elevadas en un periodo de tiempo y localización, que el sensor de los satélites lo reconocen como tal, de esta manera es posible determinar donde puede haber un incendio (AGÜERO e GARAY, 2017).

La aglomeración de focos de calor tiene una alta probabilidad de corresponder a un incendio forestal, así mismo los focos de calor aislados pueden ser quemas pequeñas u otro fenómeno que irradia altas temperaturas, por ejemplo, techos de calamina, cuerpos de agua detenidos, playas, etc. (AGÜERO e GARAY, 2017). Mientras que según PARRA-LARA e BERNAL-TORO (2010) el fuego ha sido identificado como una de las fuerzas evolutivas más importantes que dan forma a la estructura, composición y distribución geográfica de los ecosistemas con cubierta vegetal en todo el mundo. Como resultado, los ecosistemas han desarrollado un gran y complejo sistema de interrelaciones entre el clima, el suelo y la vegetación que permite la presencia o ausencia de fuego.

A pesar de que el número de incendios forestales y la cantidad de hectáreas dañadas han aumentado drásticamente en los últimos años en Perú, existen pocas investigaciones sobre las tendencias de los incendios forestales. No existen estudios de este tipo en la provincia de Tahuamanu específicamente. Por ello, el objetivo principal de esta investigación es utilizar la teledetección y los sistemas de información geográfica para identificar el comportamiento de los incendios forestales en la provincia de Tahuamanu.

Durante la estación seca del año, la provincia de Tahuamanu presenta condiciones

meteorológicas que favorecen el desarrollo de incendios forestales. Incluso en las localidades húmedas, los incendios en las formaciones vegetales son cada vez más frecuentes durante este período (BALTAZAR, 2011).

Para la protección y la gestión medioambiental de las regiones naturales, es fundamental analizar los patrones geográficos y temporales de ocurrencia de los incendios forestales (CASTILLO et al., 2003; PÉREZ-VERDÍN et al., 2013; VILLALOBOS, 2002). Las cuencas hidrográficas son un ejemplo de ello. Ello se debe a que comprender el comportamiento de las quemadas en un determinado lugar es fundamental para desarrollar políticas y métodos que ayuden a la prevención y el tratamiento de dichas catástrofes (CASTILLO et al., 2003). Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue los cambios en detección de focos de calor mediante la aplicación de sistemas de información geográfica (SIG) y sensores remotos en los bosques de la provincia de Tahuamanu – Madre de Dios, durante el periodo 2017-2019.

## 1 | MÉTODOS

El estudio fue de tipo descriptivo, correlacional y predictivo (CAZAU, 2006; HERNÁNDEZ-SAMPIERI e MENDOZA, 2018).

### Área de estudio

La Provincia de Tahuamanu representa el 24% del área del Departamento. La Provincia de Tahuamanu está localizada entre las latitudes 9°30'S y 12°5'S y longitudes 69°30'W y 72°30'W. Esta provincia está dividida en dos zonas distintas en función del clima y el desarrollo de la actividad: la zona noreste, que incluye poblaciones y grupos aptos para las actividades agrícolas, ganaderas y forestales; y la zona oeste, que tiene fuertes precipitaciones y es más adecuada para el desarrollo forestal y alberga comunidades indígenas.

### Obtención de datos

Se realizó la búsqueda de imágenes satelitales y de fotografía aérea que cubran la mayor parte de la superficie de la provincia de Tahuamanu de los meses de agosto, setiembre, octubre y noviembre de los años 2017, 2018 y 2019. También se descargó la base de datos de focos de calor del INPE (Instituto Nacional De Pesquisas Espaciais), programa Queimadas, de su página web, se contrastará con las imágenes satelitales validando los focos de calor.

### Obtención, selección y corrección de las imágenes satelitales y fotografía área

Para estudiar el comportamiento de los incendios forestales en la provincia de Tahuamanu, primero mediante la herramienta integrada de ArcGIS se insertaron las coordenadas de los focos de calor registrados por los sensores de los satélites del INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) de los meses agosto, setiembre, octubre y

noviembre ya que en estos meses es donde se presentan mayor registro de focos de calor en el departamento de Madre de Dios, durante los años 2017, 2018 y 2019. Luego se descargó imágenes satelitales de cada mes y así contrastar el área afectada y el tipo de bosque afectada.

## 2 | RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Focos de calor identificados en el año 2017

En el año 2017 se registró 2870 focos de calor para la provincia de Tahuamanu, que representa el 40% de todos los focos de calor registrado en Madre de Dios (7178). Mientras que a provincia de Manu fue la que registró el menor número de focos de calor (411) y Tambopata la mayor (3897). A nivel de distritos, Tahuamanu e Iberia (distritos de la provincia de Tahuamanu) se encontraron entre los tres distritos con el mayor número de registros de focos de calor (Figura 1). Asimismo, la mayor frecuencia de los focos de calor se dio en agosto y septiembre (Figura 2).

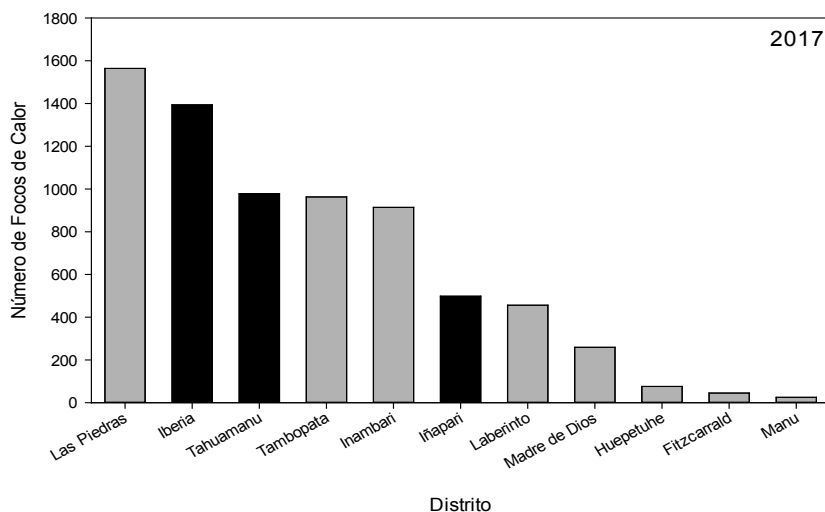


Figura 1. Número de focos de calor según distritos en la región Madre de Dios (2017).

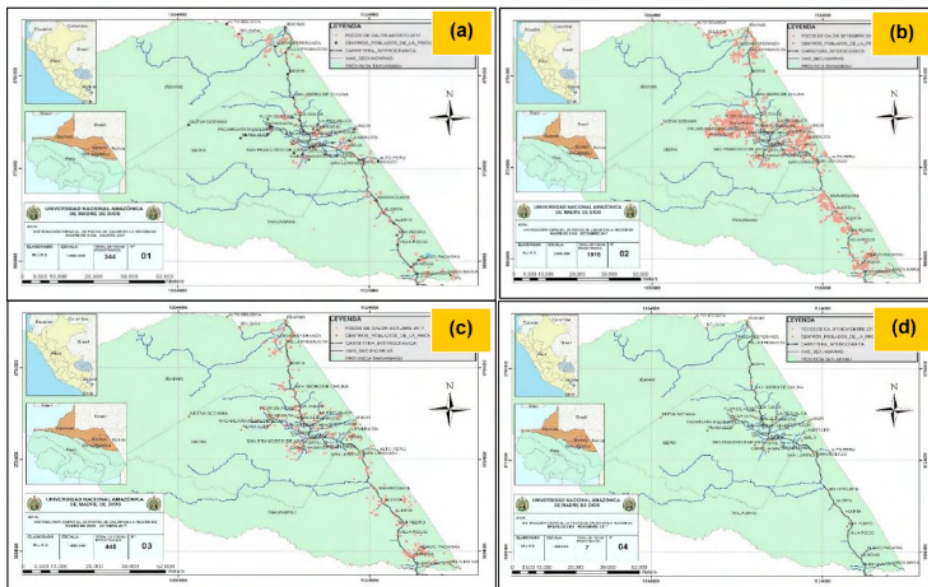


Figura 2. Focos de calor registros (puntos rojos) en la provincia de Tahuamanu en el periodo agosto a noviembre de 2017.

### Focos de calor identificados en el año 2018

En el año 2018 se registró 3095 focos de calor para la provincia de Tahuamanu, que representa el 42% de todos los focos de calor registrado en Madre de Dios (7387). Mientras que a provincia de Manu fue la que registró el menor número de focos de calor (531) y Tambopata la mayor (3761).

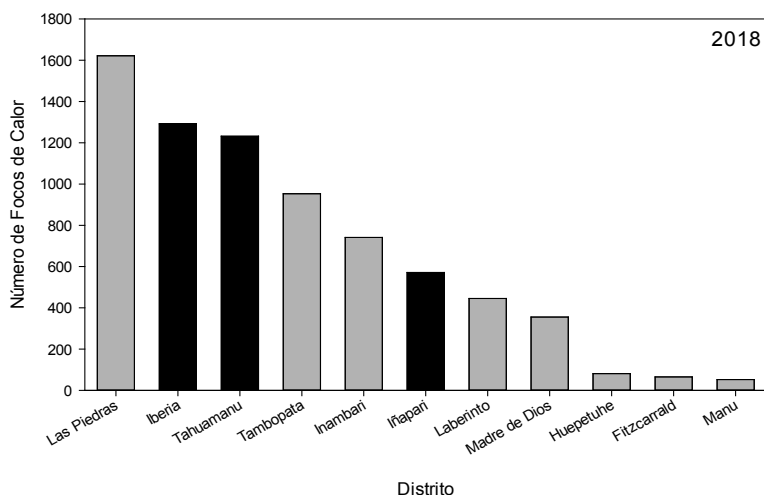


Figura 3. Número de focos de calor según distritos en la región Madre de Dios (2017).

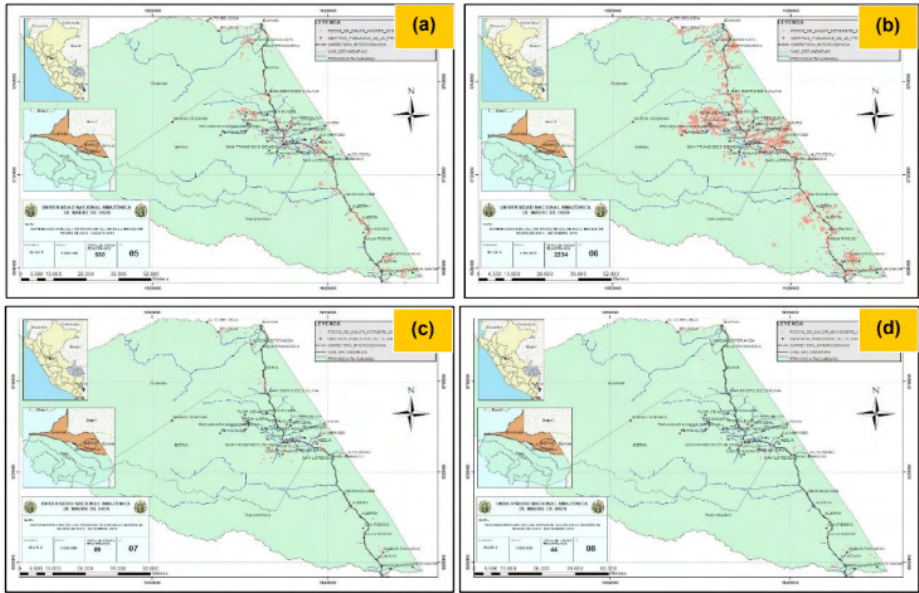


Figura 4. Focos de calor registrados (puntos rojos) en la provincia de Tahuamanu en el periodo agosto a noviembre de 2018.

### Focos de calor identificados en el año 2019

En el año 2019 se registró 5720 focos de calor para la provincia de Tahuamanu, que representa el 35.9% de todos los focos de calor registrado en Madre de Dios (14667). Mientras que a provincia de Manu fue la que registró el menor número de focos de calor (1189) y Tambopata la mayor (8208).

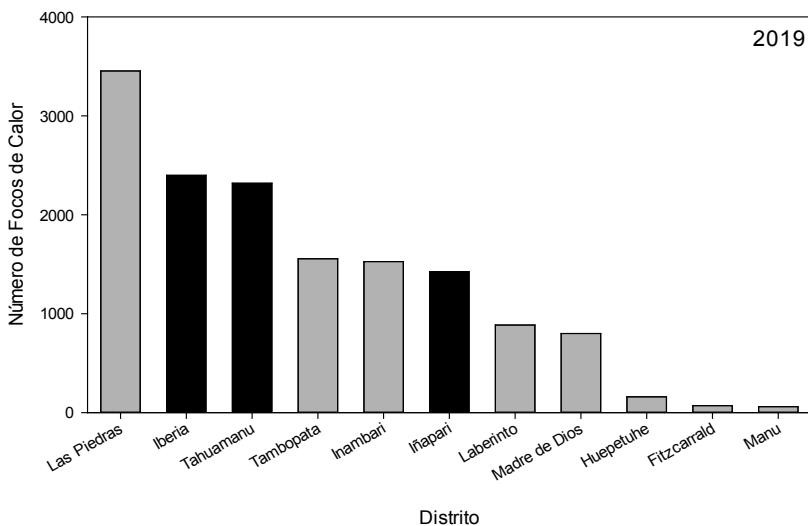


Figura 5. Número de focos de calor según distritos en la región Madre de Dios (2019).



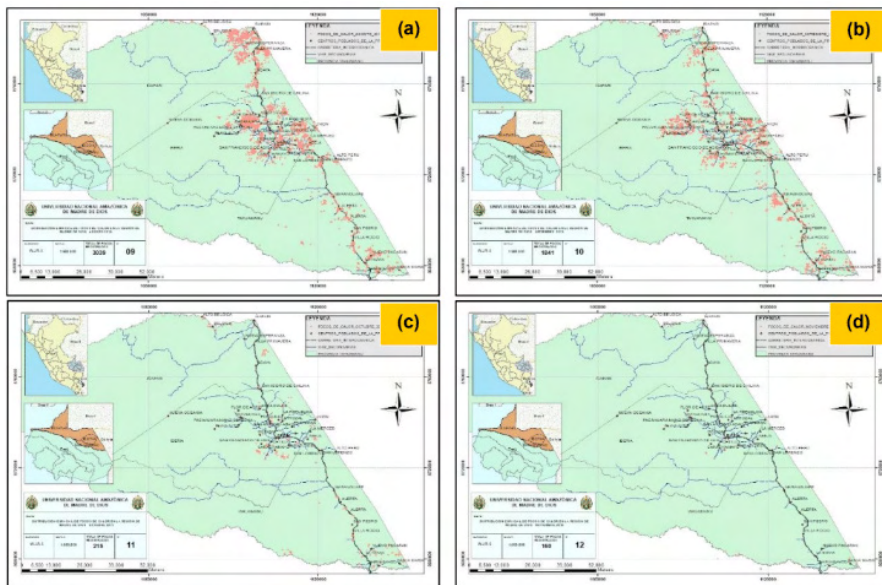


Figura 6. Focos de calor registros (puntos rojos) en la provincia de Tahuamanu en el periodo agosto a noviembre de 2019.

El aumento de los focos de calor en la provincia de Tahuamanu responde al crecimiento de actividades agrícolas, extracción de especies maderables debido a la apertura de trochas carrozables, lo que permiten la accesibilidad de vehículos de extracción a puntos donde anteriormente era imposible extraer recursos forestales como también aumento de áreas agrícolas, en el año 2017 se registró un incremento considerable de deforestación siendo 2360 hectáreas respecto al 2016 que tuvo 1073 hectáreas registradas.

Mediante un análisis de temporal de los focos de calor detectados según provincia, se encontró que los focos de calor se incrementaron considerablemente en las tres provincias de Madre de Dios durante el 2019 (Figura 7). Siendo las provincias de Tambopata y Tahuamanu las que tuvieron un mayor incremento (>150%).



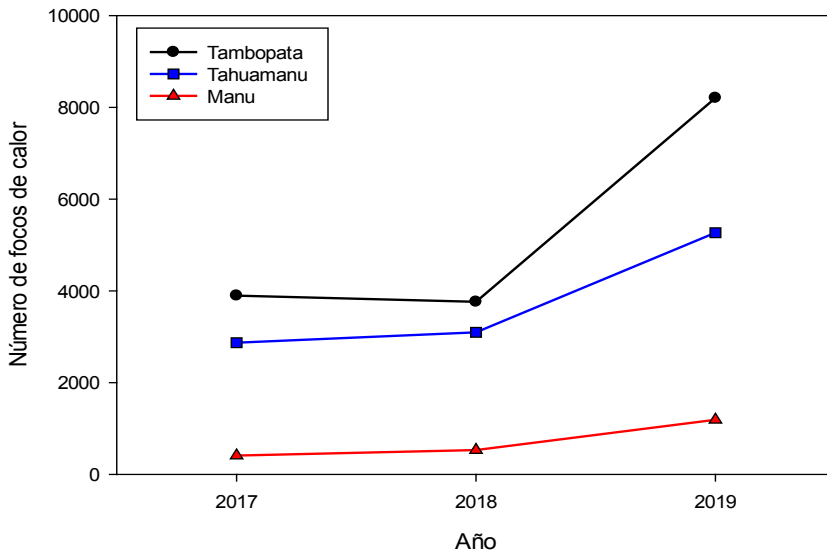


Figura 7. Cambios en la detección de focos de calor en las tres provincias de la Region Madre Dios en el periodo 2017-2019.

Con respecto a los distritos de la provincia de Tahuamanu, se encontró diferentes patrones en los focos de calor (Figura 8). Para el distrito de Tahuamanu se observó que el número de focos de calor se viene de forma constante durante el periodo evaluado. Mientras que en Iberia e Iñapari se ha incrementado considerablemente los focos de calor en el 2019.

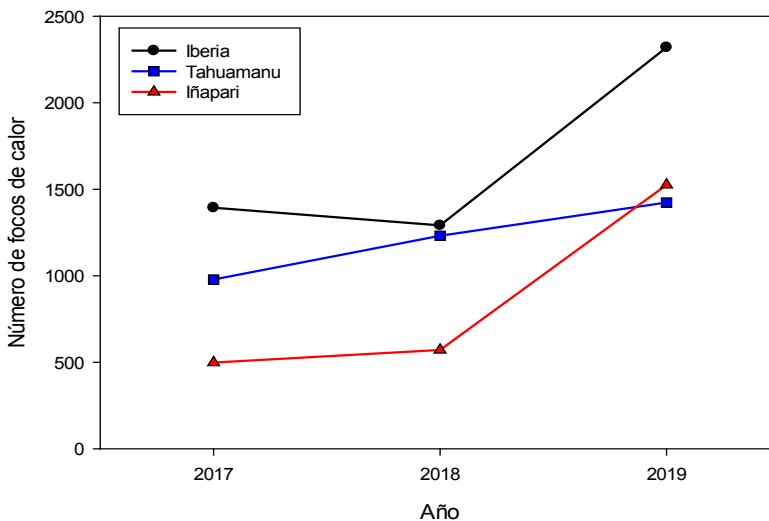


Figura 8. Cambios en la detección de focos de calor en los tres distritos de la provincia de Tahuamanu en el periodo 2017-2019.

### 3 | CONCLUSIONES

En el año 2017 se registró 2870 focos de calor para la provincia de Tahuamanu teniendo el 39.98% de focos registrados en el departamento de Madre de Dios que tiene como total de registro 7178 focos de calor en todo el año.

En el año 2018 en la provincia de Tahuamanu se registró un incremento de 7178 en el año 2017 a 7387 en el año anterior, Tahuamanu reporta 3095 focos de calor representando un 41.9% del total de focos registrado en el departamento de Madre de Dios.

Para el año 2019 se registró un incremento alarmante de los focos de calor en el departamento de Madre de Dios llegando a alcanzar a 14667 focos, la provincia de Tahuamanu mantiene un registro de 5270 focos equivalente 35.93 del total del registrado.

### REFERENCIAS

AGÜERO, Juan N. e GARAY, Domingo D. **Análisis de “Focos de calor” en los Llanos de La Rioja. Enero 2017.** La Rioja: INTA, 2017.

BALTAZAR, H. **Informe nacional sobre los incendios forestales en Perú.** [S.l.]: Agencia Brasileña de Cooperación, 2011.

CASTILLO, Miguel e PEDERNERA, Patricio e PENA, E. **Incendios forestales y medio ambiente: una síntesis global.** Revista Ambiente y Desarrollo de CIPMA, v. XIX, n. 1, p. 44–53, 2003. Disponible em: <[http://www.cipma.cl/web/200.75.6.169/RAD/2003/3-4\\_Castillo.pdf](http://www.cipma.cl/web/200.75.6.169/RAD/2003/3-4_Castillo.pdf)>.

CAZAU, Pablo. **Investigación en Ciencias Sociales.** Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires, 2006. v. 2018-Dicem.

HERNÁNDEZ-SAMPIERI, Roberto e MENDOZA, Christian. **Metodología de la Investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta.** [S.l.]: McGraw-Hill, 2018.

PARRA-LARA, C. e BERNAL-TORO, F. **Incendios de cobertura vegetal y biodiversidad: una mirada a los impactos y efectos ecológicos potenciales sobre la diversidad vegetal.** El Hombre y la Máquina, n. 35, p. 67–81, 2010.

PÉREZ-VERDÍN, Gustavo et al. **Análisis espacio-temporal de la ocurrencia de incendios forestales en Durango, México.** Madera Bosques, v. 19, n. 2, p. 37–58, 2013.

SIAR. **Incendios Forestales.**

VILLALOBOS, L. **Análisis de la situación de ocurrencia de incendios forestales en la reserva de uso múltiple la cuenca del lago de atitlán durante el período.** Guatemala: The Nature Conservancy, 2002.

# CAPÍTULO 4

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

*Data de aceite:* 01/02/2022

*Data de submissão:* 15/12/2021

### **Marx Herrera-Machaca**

Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, Institutos de Investigación, Vicerrectorado de Investigación  
Puerto Maldonado, Perú  
<https://orcid.org/0000-0002-8391-3977>

### **Wiliam Oliver Capa Moscoso**

Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, Escuela Profesional de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente  
Puerto Maldonado, Perú  
<https://orcid.org/0000-0002-9617-0527>

### **Sufer Baez Quispe**

Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, Centro de Investigaciones Herbario Alwyn Gentry  
Puerto Maldonado, Perú  
<https://orcid.org/0000-0003-0548-9135>

### **Karina Otsuka-Barriga**

Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, Institutos de Investigación, Vicerrectorado de Investigación  
Puerto Maldonado, Perú  
<https://orcid.org/0000-0001-5088-1481>

### **Víctor Pareja-Auquipata**

Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, Departamento de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente  
Puerto Maldonado, Perú  
<https://orcid.org/0000-0002-0148-4495>

### **Gabriel Alarcon Aguirre**

Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios Departamento de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente  
Puerto Maldonado, Perú  
<https://orcid.org/0000-0002-1135-5718>

### **Jorge Garate-Quispe**

Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, Institutos de Investigación, Vicerrectorado de Investigación  
Puerto Maldonado, Perú  
<https://orcid.org/0000-0002-7494-2274>

**RESUMEN:** El presente estudio tuvo como objetivo estimar el valor de conservación del bosque de la comunidad indígena El Pilar. La metodología fue la valoración contingente, utilizando un modelo logit dicotómico para tratar de determinar la disposición de los individuos a aceptar una compensación (DAC) basada en escenarios hipotéticos. Encontramos que el coste anual de llevar a cabo un programa medioambiental sobre la base de una hectárea por año era de S/ 18,38 (6,30 USD). Las variables socioeconómicas que influyen significativamente en la disposición de aceptar una compensación mínima por el valor de conservación del bosque de la comunidad indígena según el modelo propuesto y analizado fueron: Precio hipotético, ingresos, edad, carga familiar y tradición cultural. La DAC representa la voluntad de aceptar una compensación que se podría aplicar al esquema de valor de conservación del bosque. En el contexto de nuestros resultados, podemos concluir y aceptar la hipótesis de que los

miembros indígenas encuestados están dispuestos a aceptar una compensación mínima por el valor de existencia del bosque frente a las actividades que ponen en peligro el bosque y la existencia de la comunidad indígena de El Pilar.

**PALABRAS CLAVE:** Madre de Dios, Valor ecosistémico, valoración contingente.

## ECONOMIC VALUATION OF THE ENVIRONMENTAL SERVICES OF THE FOREST IN THE INDIGENOUS COMMUNITY OF EL PILAR, TAMBOPATA, PERUVIAN AMAZON

**ABSTRACT:** The objective of this study was to estimate the conservation value of the forest of the native community El Pilar. The Methodology was contingent valuation, utilizing a dichotomous logit model to try to determine the willingness of individuals to accept a compensation (DAC) based on hypothetical scenarios. We found that the yearly cost to undertake an environmental program on a hectare-per-year basis was S/ 18.38 (USD 6.30). The socioeconomic variables that significantly influence the willingness to accept a minimum compensation for the conservation value of the indigenous community's forest according to the proposed and analyzed model were: hypothetical price, income, age, family burden and cultural tradition. The DAC represents the willingness to accept compensation that could be applied to the forest conservation value scheme. Considering our results we can conclude and accept the hypothesis. In context of our findings, we may conclude and accept the hypothesis that the indigenous members polled are willing to accept a minimal compensation for the forest's existence value in the face of activities that endanger the forest and the indigenous community of El Pilar existence.

**KEYWORDS:** Madre de Dios, Ecosystem value, contingent valuation.

### 1 | INTRODUCCIÓN

Los bosques tropicales de la Amazonia son considerados como los más biodiversos del mundo, y a nivel de países el Perú ocupa el décimo puesto, más aun considerando que casi 2 tercios de su extensión son bosques (DANCÉ, 2016; SMITH e SCHUWARTZ, 2015), con más de 290 000 indígenas (INEI, 2016). Por lo tanto, dependen de los bosques nacionales para su persistencia por medio de múltiples productos satisfaciendo sus necesidades básicas y servicios ambientales proveídos por los bosques, los frutos, las plantas comestibles, las plantas medicinales, las resinas y otros artículos con diversas aplicaciones para la supervivencia humana son ejemplos (HUAMÁN e PÉREZ, 2017; SMITH e SCHUWARTZ, 2015). Teniendo en cuenta que para el progreso económico de un país el desarrollo social y económico se sustenta en sus riquezas naturales como generadores de bienes y servicios (OSORIO e CORREA, 2009).

Las comunidades nativas pese a tener una gran importancia en la conservación de bosques, aquejan a distintos problemas ambientales, por lo que requieren alternativas para un mejor manejo de los recursos de los bosques, de una manera sostenible y estratégica conservándola para las futuras generaciones y garantizando la subsistencia de los ecosistemas.

La comunidad indígena el pilar adolece una serie de problemas que impiden que logre un desarrollo sostenible y sustentable principalmente se debe a la fiebre del oro. Según Alvarado (2014) “existe una superposición de un 80% por 17 derecho minero de los cuales 7 pertenecen a la comunidad” existiendo conflictos sociales. Por otro lado (AIDER, 2000) manifiesta que recursos naturales que se aprovechan no se realizan de una manera ordenada y racional. Ello podría afectar de forma negativa por el uso no sostenible que se le está dando a los recursos que provee el bosque.

Aplicando el método de valoración sobre los servicios ambientales que brinda el bosque se estimara un precio y un valor de referencia sobre los impactos de las diferentes actividades incompatibles y de consumo.

El objetivo de este estudio fue determinar el valor de conservación del bosque de la comunidad nativa de El Pilar, a través de encuestas, podemos conocer la disposición de los miembros indígenas a aceptar una compensación mínima (DAC) por la protección de sus recursos frente a las actividades que ponen en riesgo sus bosques y sus recursos, utilizando el método de valoración contingente (modelo logit con formato dicotómico tipo referéndum).

## 2 | MÉTODOS

### Área de estudio

El estudio se desarrolló en la comunidad indígena El Pilar, ubicado a 10 km de la ciudad de Puerto Maldonado, provincia Tambopata, Madre de Dios, Amazonía peruana, geográficamente se ubica entre las coordenadas 12°32'41.27" S y 69°16'14.53" O.

### Encuesta y datos

Los datos se obtuvieron mediante una encuesta, realizada en enero del 2020. En cuanto a la recogida de los datos solo se consideró a los jefes de familia puesto que estos son los tomadores de decisiones en la comunidad. El estudio consistió en un muestreo al 100% (Censo) de todos los jefes de familia de la comunidad. Las encuestas tienen un formato de respuesta binaria, teniendo como base un escenario actual.

Se hizo una encuesta piloto para evitar el sesgo de partida, con el fin de aproximar la pregunta del encuestador de la DAC a la verdadera DAC. Se realizó 10 encuestas piloto con preguntas en formato abierto. Teniendo esos resultados de precios hipotéticos con frecuencia de S/ 15 (3), S/ 20 (2), S/ 25 (5). Teniendo esos resultados se distribuyó por muestras según el número de precios hipotéticos, el cual se detalla en la Tabla 1:

Población	Precio hipotético	# de muestras
45	15	15
	20	15
	25	15
<b>TOTAL</b>		45

Tabla 1. Distribución de muestras.

En cuanto a las variables que se consideraron para el estudio se menciona a continuación: Precio hipotético (Ph), sexo (sex), edad (eda), estado civil (Ec), Ingresos (Ing), Carga familiar (Carf), Aprovechamiento de los recursos naturales (Aprvrn), Conocimiento sobre servicios ambientales del bosque (Csab), Satisfacción (Satisf), Actividad económica que genera mayor daño al bosque (Aegdb), conservación de tradición cultura (Tradc), Riesgo de las futuras generaciones (Rfg).

### Métodos y análisis de datos

Para estimar el valor de conservación del bosque, se empleó el método de valoración contingente a través de la disposición a ser compensado (DAC) (AZQUETA, 1994; RIERA, 1994). Para lo cual se utilizó estadística descriptiva modelos de regresión logística; modelo logit de elección dicotómica, efectos marginales y capacidad predictiva (BAETSCHMANN et al., 2015). Para todos los análisis se utilizó el paquete estadístico STATA 15.

$$\begin{aligned}
 P_i &= P(Z_i \leq X_i \beta) = F(X_i \beta) = \frac{e^{X_i \beta}}{1 + e^{X_i \beta}} \\
 P_i &= P(Z_i \leq X_i \beta) = F(X_i \beta) = \frac{1}{1 + e^{-X_i \beta}}
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

La función de verosimilitud se expresa por:

$$\text{Log L} = \sum_i^n Y_i (X_i \beta) - \sum_i^n \log(1 + e^{X_i \beta})
 \tag{2}$$

Para entender los coeficientes, había que determinar los efectos marginales de las variables regresoras sobre la probabilidad condicional.

$$\frac{\partial P_i}{\partial x_{ij}} \equiv \frac{\partial}{\partial x_{ij}} P \left( y_i = \frac{1}{x_i} \right) = \beta_j \cdot f(x_j \beta_j)
 \tag{3}$$

Donde  $f(z)$  es la función de densidad correspondiente.

Para entender los coeficientes, había que determinar los efectos marginales de las variables regresoras sobre la probabilidad condicional.

$$\frac{\partial P_i}{\partial x_{ij}} = \frac{\partial}{\partial x_{ij}} P \left( y_i = \frac{1}{x_i} \right) = \beta_j \cdot \frac{e^{X_i \beta}}{(1 + e^{X_i \beta})^2}
 \tag{4}$$

$$n^{-1} \sum_{i=1}^n f(x_j \beta_j) \beta \quad \text{ó} \quad f(\bar{x}_j \beta_j) \beta
 \tag{5}$$

La estimación paramétrica de la DAC se realiza a través del modelo logit, En el

modelo logit se representa matemáticamente la probabilidad ( $P_k$ ) de aceptar un pago por conservar el bosque de la comunidad indígena de Infierno es:

$$P_k = E \left( Y = \frac{1}{X_k} \right) = \frac{1}{1 + e^{-(\hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 X_1 + \dots + \hat{\beta}_k X_k)}} \quad (6)$$

Donde  $Y = 1$  si la respuesta es afirmativa (si) y  $Y = 0$  si la respuesta es negativa (no), respecto a la disposición de pagar, y  $X_k$ , representa el conjunto de variables socioeconómicas características de la encuesta.

La formulación del modelo que corresponde a la probabilidad de responder afirmativamente por la disposición de pagar es el siguiente (BARZEV, 2004; RIERA, 1994).

$$Prob(si) = \beta_0 - \beta_1(DAP) + \sum \beta_i Z_i \quad (7)$$

Y la disposición a pagar para este tipo de modelo es:

$$DAC = \frac{\hat{\beta}_0 \sum_2^n \hat{\beta}_i Z_i}{\hat{\beta}_1} \quad (8)$$

### 3 | RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### Características socioeconómicas

##### *Genero*

La Figura 1A muestra que 14 de 27 hombres y 11 de 17 mujeres están dispuestos a aceptar una compensación mínima por el valor de conservación del bosque comunitario ( $DAC=1$ ), lo que indica una clara inclinación a aceptar una compensación que les permita incorporar una estrategia de conservación, preservación de la cultura, el conocimiento ancestral, el patrimonio y el uso sostenible de los recursos naturales.

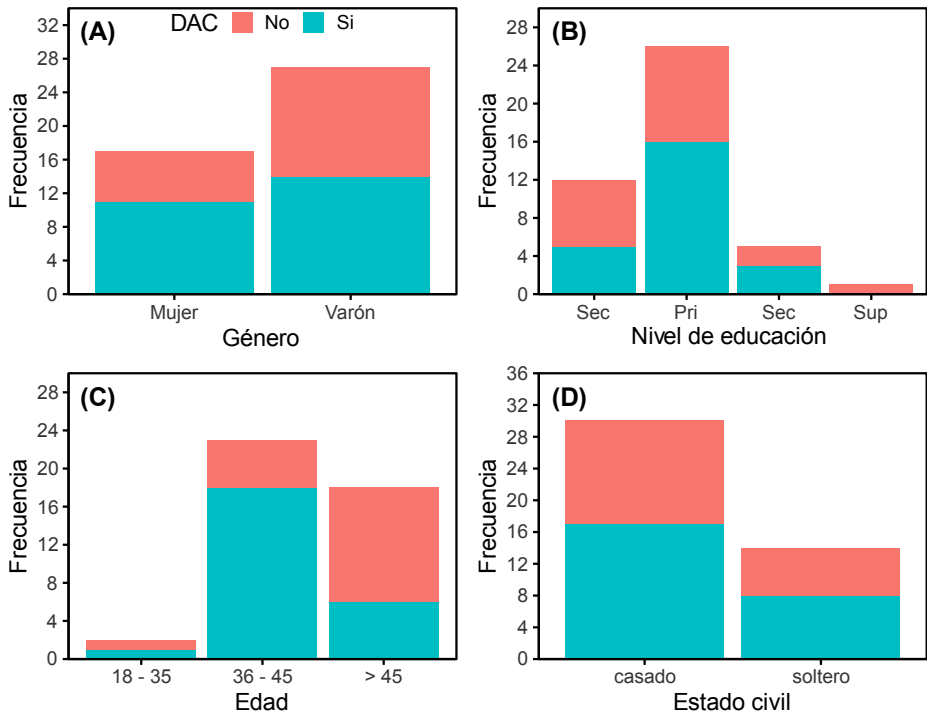


Figura 1. Distribución de frecuencias sobre la disposición a pagar (DAP) según (A) género, (B) nivel de educación, (C) edad y (D) estado civil.

### *Educación*

Según la frecuencia de respuestas afirmativas y negativas en (Figura 1B), existe una fuerte tendencia positiva en todos los niveles sobre la disposición a aceptar una compensación mínima por el valor de existencia del bosque comunitario (DAC=1). Los resultados muestran que los miembros indígenas con niveles de educación más bajos son más propensos a aceptar una DAC mínima por el valor de conservación del bosque comunitario, distribuyéndose con mayor frecuencia la ausencia de educación (5) y la educación primaria (16).

### *Edad*

La frecuencia de respuestas afirmativas y negativas en (Figura 1C) muestra una tendencia positiva sustancial en la disposición a aceptar una compensación mínima por el valor de conservación del bosque comunitario (DAC=1). Podemos extrapolar de los resultados que los miembros indígenas con rangos de edad más pequeños (0 y 1) están más dispuestos a aceptar una DAC mínima.



### *Estado civil*

La frecuencia de respuestas afirmativas y negativas en la (Figura 1D) nos indica que hay 17 de 30 miembros casados o conviviente que están dispuestos a aceptar una compensación mínima y hay 8 de 14 miembros solteros que están dispuestos aceptar una compensación mínima. Mostrándose una clara inclinación de los miembros casados o convivientes.

### *Ingresos*

La frecuencia de las respuestas afirmativas y negativas en (Figura 5) muestra que los miembros indígenas tienen una tendencia sustancial al alza en términos de rango de ingresos sobre su disposición a aceptar una compensación mínima por el valor de conservación del bosque comunitario (DAC=1). Podemos deducir de los resultados que los miembros indígenas con menores ingresos (1) son más propensos a aceptar una DAC menor por el beneficio de conservación del bosque comunitario.

### *Satisfacción de los servicios que provee el bosque*

La frecuencia de respuestas afirmativas y negativas se muestran en la (Figura 2B) indica que los miembros que si les brinda satisfacción el bosque 15 de 31 aceptarían la compensación, mientras que a los que no les brinda satisfacción 10 de 13 aceptarían una compensación mínima. Teniendo una clara tendencia en los miembros que no les causa algún tipo de satisfacción.

### *Actividad que genera mayor daño al bosque*

La frecuencia de respuestas afirmativas y negativas se muestran en la (Figura 2C) el cual indica que los miembros que dijeron que la agricultura es la que genera mayor daño 11 de 20 miembros estarían dispuestos a aceptar una compensación mínima y en cuanto a la extracción del oro 10 de 14 miembros que dijeron que el oro causa mayor daño estarían dispuestos a aceptar una compensación mínima por el valor de conservación del bosque de la comunidad (DAC=1).

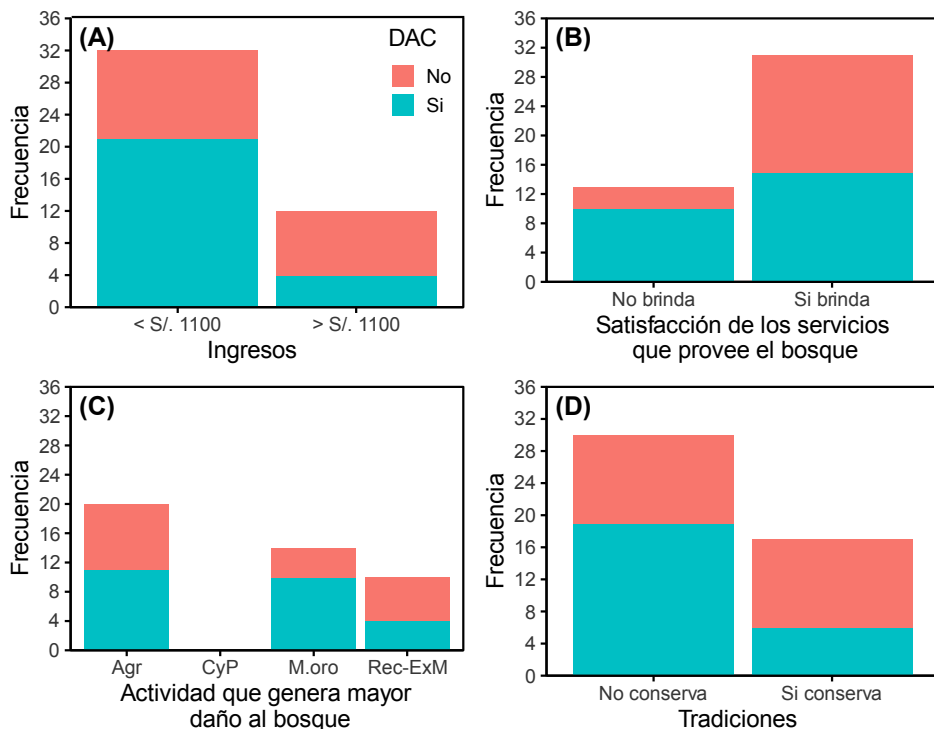


Figura 2. Distribución de frecuencias sobre la disposición a pagar (DAC) según (A) ingresos, (B) Satisfacción de los servicios que provee el bosque, (C) Actividad que genera mayor daño al bosque y (D) Conservación de tradiciones.

### Tradiciones

La frecuencia de respuestas afirmativas y negativas (Figura 2D) nos indica que hay una Tendencia positiva marcada de los miembros indígenas que no conservan su tradición en cuanto a conservar el bosque sobre la disposición por aceptar una compensación mínima por el valor de conservación del bosque de la comunidad (DAC=1).

### DAC por conservar el bosque

Con respecto a la DAC (Tabla 2), 25 miembros indígenas de la comunidad indígena el pilar (56,82%) aceptaron la propuesta y están DAC de S/ 15, S/ 20, S/ 25 por conservar el bosque. En contraste, el 43,18% de los encuestados (19) no aceptaron la oferta.

Comunidad Indígena	Disposición a ser compensado (DAC)	Frecuencia	Porcentaje (%)
De Pilar	No (0)	19	43,18
	Si (1)	25	56,82
<b>Total</b>		44	100

Tabla 2. Frecuencia por comunidad y DAC

### Modelo logit

Si la probabilidad es inferior a 0,1, el modelo es significativo a un nivel de confianza del 95%. La asociación entre los coeficientes del modelo y la probabilidad de aceptar una remuneración mínima por el valor de conservación del bosque de la comunidad indígena es estadísticamente significativa (Tabla 3). La importancia de las variables socioeconómicas y de tradición cultural para influir en la disposición a aceptar una remuneración mínima, así como sus coeficientes (DAC).

Variable	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3
Precio hipotético	0,54538564**	0,35130784**	0,27331439**
sexo	1,7092197		
edad	-4,5383774**	-3,4615469***	-2,3781262***
estado civil	-1,5557748		
Educación	1,2022721		
Ingresos	-4,1563031**	-3,0079183**	-2,4422655**
Carga familiar	3,8011519*	2,1188198*	
Conocimiento sobre servicios ambientales del bosque	-0,88242657		
Satisfacción	-4,6142949**	-3,1272312**	-2,1678033**
Actividad que genera más daño al bosque	0,65779061		
conservación de tradición cultural	4,5079481**	2,6289067**	
Riesgo de las futuras generaciones	1,172151		
_cons	-2,7543919	1,6000501	2,9064852
r <sup>2</sup> _p	0,61081572	<b>0,5000019</b>	0,39136663
chi <sup>2</sup>	36,756578	<b>30,088222</b>	23,550963

Tabla 3. Coeficiente y significancia de las variables socioeconómicas y tradición cultural que influyen en la disposición a aceptar una compensación mínima (DAC). \* p<.1; \*\* p<.05; \*\*\* p<.01

Las variables incluidas en el modelo fueron 5, por lo que se puede afirmar con un nivel de confianza del 95% (Tabla 3) que las variables Precio hipotético, ingresos, edad, satisfacción, tradición cultural influyen en la disposición a aceptar una compensación mínima (DAC).

La prueba de LR  $\chi^2$  (7) o test de razón de verosimilitud (Tabla 3) contrasta la hipótesis nula de que los coeficientes del modelo son todos iguales a cero, el estudio reporta un LR  $\chi^2$  igual a 30,08, por lo tanto, Como resultado, con un valor p de 0,05, se rechaza la  $H_0$ , y los coeficientes del modelo logit que predicen la probabilidad de aceptar una compensación mínima por el valor de conservación del bosque comunitario son estadísticamente significativos.

De acuerdo al pseudo  $R^2$  o McFadden  $R^2$  (Tabla 3) obtenido, Las variables del modelo explican el 50,00% de la probabilidad de aceptar una compensación mínima por el valor de conservación del bosque comunitario, lo que demuestra el buen ajuste del modelo (MCFADDEN e TRAIN, 2000).

Los signos de los coeficientes y significancia de las variables nos muestran (Tabla 3). De ello podemos deducir que las variables explicativas que más influyen a nivel de efectos marginales en la DAC mínima por conservar el bosque de la comunidad indígena el pilar son la edad, ingresos, carga familiar, niveles de satisfacción y conservación de la tradición cultural,

## Valor de la DAC mínima por la conservación del bosque de la comunidad indígena el Pilar

### *Modelo econométrico*

Los resultados (Tabla 4) de la encuesta realizada (n=44), el 56,82% (n= 25) respondió en forma positiva ante la pregunta sobre la disposición de aceptar una compensación mínima por el valor de conservación del bosque de la comunidad,

La frecuencia de respuestas negativas (DAP=0) y afirmativas (DAP=1) muestra una tendencia positiva en cuanto al precio hipotético, de esta forma se puede deducir que, a mayor precio hipotético, mayor será la posibilidad de los miembros nativos de responder afirmativamente sobre la disposición de aceptar una compensación mínima por el valor de conservación de del bosque de la comunidad, Aspectos basados en la teoría económica de la demanda por un bien o servicio

		Precio de partida (en nuevos soles - S/.)				
		psi	15	20	25	Total
DCA	0	10	6	3	19	
	1	5	8	12	25	
<b>Total</b>		15	14	15	44	

Tabla 4, Frecuencia de respuestas positivas y negativas de la DAC para cada precio de partida

El modelo reporta una DAC mínima promedio de valor positivo y estadísticamente significativo (Tabla 3), La DAC mínima promedio fue de S/ 18,38 /ha por año (Tabla 5), Esta cifra representa la voluntad de aceptar una compensación mínima que se podría aplicar al esquema de valor de conservación del bosque de la comunidad indígena frente a la práctica de actividades insostenibles e incompatibles que ponen en riesgo su existencia.

Variable	Obs,	Promedio	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
DAC	44	18,38	7,13	6,23	32,57

Tabla 5, Valor de conservación del bosque de la comunidad indígena el Pilar (nuevos soles - S/)

El valor promedio obtenido de la DAC se encuentra dentro de los valores previstos (S/, 18,38) y se asemejan a los rangos obtenidos en la encuesta piloto (S/, 15, 20, 25), lo que estaría confirmado la precisión del modelo, El territorio de la comunidad indígena el Pilar tiene una extensión de 3151,6 ha, de los cuales 2995,2 ha son bosques.

En función a ello, se estima el valor anual por hectárea que recibiría la comunidad indígena por conservar el bosque ascendería a S/ 55051,78 Siempre y cuando los miembros de la comunidad decidieran implementar una estrategia de conservación y manejo de los recursos del bosque.

Los resultados de la DAC mínima promedio en comparación con el estado peruano y la cooperación internacional, difiere con lo propuesto por el Ministerio del Ambiente (ALARCÓN AGUIRRE e GUTIÉRREZ ALBERONI, 2018),

## 4 | CONCLUSIONES

Los resultados de este estudio nos permiten comprender mejor las motivaciones de los indígenas para valorar el bosque (sistemas naturales y sus componentes). Según el modelo sugerido y evaluado, las siguientes variables socioeconómicas influyen fuertemente en la disposición de la comunidad indígena a aceptar una compensación mínima por el valor de conservación del bosque: precio teórico, ingresos, edad, carga familiar y tradición cultural.

Sin embargo, antes de una posible implementación del proyecto a través del gobierno nacional y la colaboración internacional, esta suma estimada (DAC promedio y total) debe ser examinada, discutida, acordada y reconocida por la asamblea general de los miembros de la comunidad indígena de El Pilar.

Considerando nuestros resultados, podemos concluir y aceptar la hipótesis de que los miembros indígenas de El Pilar están dispuestos a aceptar una compensación mínima por el valor de existencia de su bosque frente a las acciones que ponen en peligro el bosque y la existencia de la comunidad indígena.

## REFERENCIAS

AIDER. **Plan para el desarrollo sostenible en la Comunidad Nativa de Infierno**. . Puerto Maldonado (Perú): ITTO. , 2000

ALARCÓN AGUIRRE, Gabriel e GUTIÉRREZ ALBERONI, José Dante. **Valor de conservación en bosques de comunidades indígenas: Un estudio de caso en la Amazonia Peruana, San Jacinto y Puerto Arturo**. Revista de Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Research, v. 20, n. 3, p. 301–314, 27 jul. 2018. Disponível em: <<https://huajsapata.unap.edu.pe/index.php/ria/article/view/56>>.

AZQUETA, Diego. **Valoración económica de la calidad ambiental**. Madrid, España: McGraw-Hill, 1994.

BAETSCHMANN, Gregori e STAUB, Kevin E e WINKELMANN, Rainer. **Consistent estimation of the fixed effects ordered logit model**. Journal of the Royal Statistical Society, v. 178, n. 3, p. 685–703, 2015.

BARZEV, R. **Guía práctica sobre el uso de modelos econométricos para los métodos de valoración contingente y el costo del viaje a través del programa econométrico “LIMDEP”**. . España: [s.n.], 2004.

DANCÉ, José J. **Valoración económica de los servicios ecosistémicos que brindan los bosques y afines en Perú**. . Lima, Perú: [s.n.], 2016.

HUAMÁN, Bony e PÉREZ, Christian I. **Valoración económica de los servicios ambientales del bosque de la comunidad nativa tres islas, a través del método de valoración contingente, Tambopata - Madre de Dios**. 2017. 1–84 f. Tesis de pos grado – Universidad Nacional Amazonica de Madre de Dios, Madre de Dios, 2017.

INEI. **Poblacion indigena de la amazonia peruana**. Estadística. Madre de dios, Perú: [s.n.], 2016.

MCFADDEN, Daniel e TRAIN, Kenneth. **Mixed MNL models for discrete response**. Journal of applied Econometrics, v. 15, n. 5, p. 447–470, 2000.

OSORIO, Juan D e CORREA, Francisco J. **Un Analisis De La Aplicacion Empirica Del Metodo De Valoracion Con Tingente**. Semestre Económico, v. 12, p. 11–30, 2009.

RIERA, Pere. **Manual de valoración contingente**. Madrid, España: Ministerio de Economía y Hacienda, Instituto de Estudios Fiscales, 1994.

SMITH, Julian e SCHUWARTZ, Jill. **La deforestación en el Perú**. , 7.Reporte de WWF, nº 7. Madre de dios, Perú: [7.], 2015.

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

*Data de aceite: 01/02/2022*

*Data de submissão: 03/12/2021*

### **Breno da Silva Oliveira**

Universidade Federal do Espírito Santo  
Alegre – ES  
<http://lattes.cnpq.br/3984637847075867>

### **Roberto Avelino Cecílio**

Universidade Federal do Espírito Santo  
Alegre – ES  
<http://lattes.cnpq.br/5497084995510727>

### **David Bruno de Sousa Teixeira**

Universidade Federal de Viçosa  
Viçosa – MG  
<http://lattes.cnpq.br/5227260851683986>

### **Guilherme Barbosa Reis**

Universidade Federal do Espírito Santo  
Alegre – ES  
<http://lattes.cnpq.br/9426630666791133>

**RESUMO:** A disponibilidade de recursos hídricos do mundo está associada ao uso do solo e sua cobertura, e também à variabilidade da precipitação, em especial, expressando essa associação no regime de vazões das bacias hidrográficas. A bacia hidrográfica do rio Castelo é a principal fonte de água do município, onde as atividades socioeconômicas são baseadas na agropecuária. O trabalho teve por objetivo caracterizar e analisar os impactos causados pela precipitação sobre as tendências temporais das vazões média e mínimas registradas na

bacia do rio Castelo-ES. Aplicaram-se nas séries de dados hidrológicos de chuva e vazão (período entre 1964 e 2014) os testes estatísticos de Mann-Kendall, para identificação da tendência; Pettitt, para identificação do ponto de mudança; e Spearman rho, para identificação da força de correlação entre duas variáveis. Há tendência na vazão média mensal para os meses de Julho, Agosto e Setembro, houve ponto de mudança nas séries históricas da vazão média mensal para os meses de Julho, Agosto, Setembro e Outubro. A vazão mínima da média para sete dias consecutivos apresentou ponto de mudança.

**PALAVRAS-CHAVE:** Bacias hidrográficas, precipitação, vazão, hidrologia estatística.

### IMPACTS OF PRECIPITATION AND LAND USE IN THE FLOW TRENDS IN THE CASTELO RIVER HYDROGRAPHIC BASIN

**ABSTRACT:** The availability of water resources in the world is associated with the land use and cover, and also the variability of precipitation, in particular, expressing this association in the flow regime of the hydrographic basins. The Castelo River hydrographic basin is the main source of water in the municipality, where socioeconomic activities are based on farming. The work aimed to characterize and analyze the impacts caused by precipitation on the temporal trends of the average and minimum flows recorded in the Castelo river basin. The Mann-Kendall statistical tests were applied to the series of hydrological data on rainfall and flow (the period between 1964 and 2014) to identify the trend; Pettitt, for identification of the change point; and Spearman

rho, to identify the strength of correlation between two variables. There is a trend in the monthly average flow for July, August and September, there was a point of change in the historical series of the monthly average flow for July, August, September and October. The mean minimum flow for seven consecutive days showed a change point.

**KEYWORDS:** River basins, precipitation, flow, statistical hydrology.

## 1 | INTRODUÇÃO

O regime de vazões é um dos componentes específicos do ciclo hidrológico que possui grande potencial de mudança de comportamento ao longo do tempo, provocando impactos generalizados sobre os demais recursos naturais (ZHANG et al., 2008; MILLY et al., 2008). Geralmente, a população em geral (sendo essa englobando propriedades rurais e indústrias) assume que a água estará sempre à disposição de todos em quantidade e qualidade, mas as séries hidrológicas em especial a vazão, mostra que não necessariamente se mantiveram em condições normais que possam assegurar qualidade e quantidade hídrica.

Tendências de aumento da vazão podem ocorrer devido fatores como o aumento da precipitação (Zhang & Schilling, 2006) e também pelo desmatamento que causa drástico decréscimo na evapotranspiração e na infiltração de água no solo, elevando o escoamento superficial da chuva. De maneira oposta, o decréscimo da precipitação pode acarretar tendência de redução da vazão, bem como o reflorestamento inadequado, a intensificação do uso da água para irrigação e o aumento da população (TAO et al., 2011).

A Bacia hidrográfica do rio Castelo tem importância para a região pois é a única que alimenta os corpos hídricos da maior parte dos municípios do Sul do Espírito Santo, sendo as atividades econômicas da região baseada na agropecuária e dependem diretamente do estado em que se encontra o corpo hídrico da região. De acordo com Gonçalves (2020), a agropecuária representa mais de 50% do uso do solo na bacia hidrográfica do rio Itapemirim e há aumento da população residente na área da Bacia hidrográfica do rio Castelo.

Distinguir e analisar variações espaço-temporais dentro de uma bacia é uma tarefa importante para identificar as possíveis tendências nas séries históricas da vazão, visando o manejo e controle adequado dos usos múltiplos da água, além da própria manutenção do rio. Nesse contexto, o presente trabalho teve por objetivo caracterizar e analisar os impactos causados pela precipitação e pelo uso do solo sobre as tendências temporais das vazões média e mínimas registradas na bacia do rio Castelo, através de testes estatísticos.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

Os dados pluviométricos e fluviométricos foram obtidos pelo banco de dados históricos da ANA, disponíveis na plataforma HidroWeb. Para a seleção das estações fluviométricas, Seyam e Otham (2015) recomendam que estas possuam séries históricas com mais de 50



anos. Para as estações pluviométricas foi adotado o mesmo critério. Os anos hidrológicos que apresentaram mais que 5% de falha foram eliminados. Foi selecionada a estação fluviométrica 57490000 que possui registro de vazões a partir do ano 1964 e utilizou-se o software SisCAH para tabulação dos dados da vazão, sendo calculadas a vazão média ( $Q_{média}$ ) e mínima das médias de sete dias consecutivos ( $Q_7$ ).

As estações pluviométricas selecionadas para o cálculo da precipitação média foram as de código 02041002; 02041011 e 02041020. Foram calculadas as precipitações totais do semestre mais seco (Pss); do semestre mais chuvoso (Psc); do inverno austral (Pia); do verão austral (Pva); do mês mais seco (Pms) e do mês mais chuvoso (Pmc). Para isso, foram coletadas as séries históricas das estações pluviométricas e a área de influência de cada estação, bem como a precipitação média na bacia hidrográfica do rio Castelo-ES (Figura 1) foram calculadas através do software QGis 3.16.0, aplicado o método dos polígonos de Thiessen.

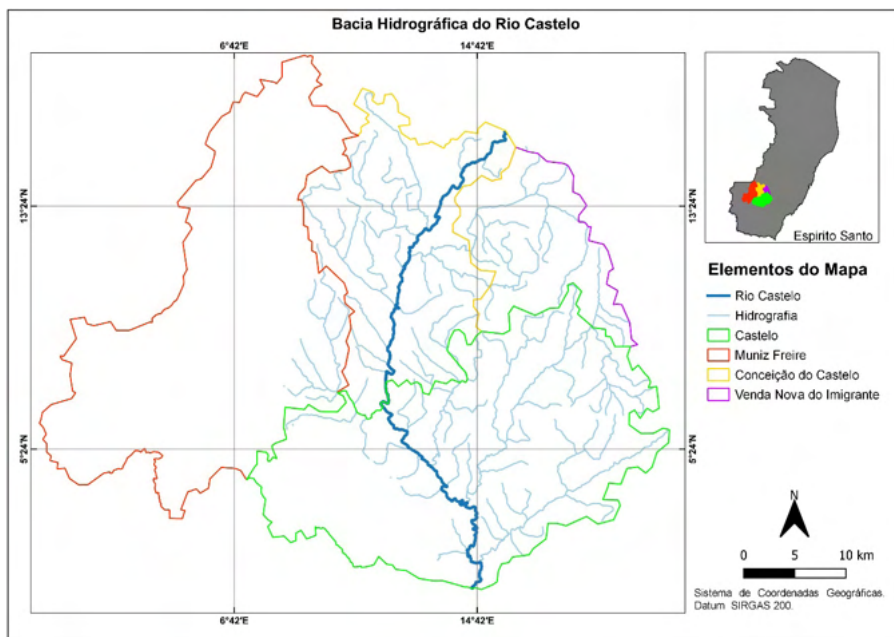


Figura 1: Bacia Hidrográfica do rio Castelo

Fonte: o autor

Através do software Microsoft Excel (2016) foram utilizados os testes não paramétricos de Mann-Kendall, que identifica quais são as tendências dos dados (crescentes ou decrescentes), de Pettitt, que identifica em qual período houve o ponto de mudança na série analisada (LI et al., 2016; MORAES et al., 1998; SEYAM; OTHMAN, 2015). Foi adotado, para a aplicação dos testes, um nível de significância ( $\alpha$ ) de 5%.

Para medir a força da correlação entre os dados de vazão e precipitação foi aplicado o teste de Spearman. O coeficiente de correlação de Spearman varia de -1 a +1, sendo que os valores que atingirem +1 ou -1, apresentam perfeita correlação, valores que se aproximam de zero, apresenta fraca correlação ou inexistente (BASARIN et al., 2016).

Calcula-se o coeficiente de correlação de Spearman através da Equação 1:

$$\rho = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n d_i^2}{(n^3 - n)} \quad (1)$$

Em que:  $\rho$  é o coeficiente de correlação de Spearman;  $n$  é o número de valores em cada uma das duas variáveis na correlação;  $d$  é a diferença classificada entre os postos das variáveis no nível  $i$ .

A interpretação dos resultados do coeficiente de correlação de Spearman é feita conforme apresentado na Tabela 1.

Valor de Spearman rho (+ ou -)	Interpretação
0,00 a 0,19	Correlação muito fraca
0,20 a 0,39	Correlação fraca
0,40 a 0,69	Correlação moderada
0,70 a 0,89	Correlação forte
0,90 a 1,00	Correlação muito forte

Tabela 1. Interpretação do coeficiente de correlação de Spearman Rho.

Fonte: Adaptado de Shimakura (2006).

Para a aplicação do teste de Mann-Kendall os dados devem ser independentes e aleatórios (YU; ZOU; WITTEMORE, 1993). Considerando-se este pressuposto, a formulação matemática do método pode ser descrita pelas estatísticas  $S$ ,  $Var(S)$  e índice  $Z_{MK}$ , conforme equações 2 e 3:

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n sign(x_j - x_k) \quad (2)$$

$$sgn(x_j - x_k) = \begin{cases} +1, & se (x_j - x_k) > 0 \\ 0, & se (x_j - x_k) = 0 \\ -1, & se (x_j - x_k) < 0 \end{cases}$$

$$Var(S) = \frac{[n(n-1)(2n+5)] - \sum_{i=1}^n t_i(t_i-1)(2t_i+5)}{18} \quad (3)$$

Em que:  $S$  é a estatística do teste de Mann-Kendall, que representa o somatório da diferença par a par de todos os valores da série ( $X_i$ ) em relação a seu valor futuro ( $X_k$ );  $n$  é o número de registros do conjunto de dados;  $X_j$  e  $X_k$  são os valores de dados sequenciais; e  $t_i$  é o número de valores iguais para um dado valor  $i$  da série.

Valores de  $Z_{MK}$  positivos indicam tendência de aumento, ao passo que valores

negativos indicam tendência de redução. O cálculo do índice ZMK é feito pela equação 4:

$$Z_{MK} = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{Var}(S)}}, & \text{se } S > 0 \\ 0, & \text{se } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{Var}(S)}}, & \text{se } S < 0 \end{cases} \quad (4)$$

O p-valor para o teste de Mann-Kendall foi estimado usando uma função de distribuição normal cumulativa, de acordo com as equações:

$$p = 0,5 - \Phi(|Z_{MK}|) \quad (5)$$

$$\Phi(|Z_{MK}|) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{|Z_{MK}|} e^{-t^2/2} dt \quad (6)$$

A um nível de significância de 5%, se p-valor  $\leq 0,05$ , a existência de tendência foi considerada estatisticamente significativa.

A magnitude da tendência nos dados é estimada pela inclinação de Sen (Sen, 1968). A inclinação de todos os pares é estimada através de:

$$\beta = \text{mediana} \left[ \frac{X_j - X_k}{j - k} \right] \text{ para todo } k < j \quad (7)$$

Em que:  $\beta$  é a declividade da reta de tendência, j e k são o tempo de ocorrência dos valores da série; e  $X_i$  e  $X_j$  são os valores das séries nos tempos i e j.

Para identificar o ponto de mudança, foi utilizado o teste de Pettitt. A hipótese nula deste teste  $H_0$  diz que as observações são independentes e identicamente distribuídas, ou seja, não há ponto de mudança na série. Caso haja duas amostras discriminadas de populações diferentes, o teste identifica o ponto de ruptura. A estatística do teste ( $U_{t,N}$ ) pode ser determinada pela equação 8:

$$U_{t,N} = U_{t-1,N} + \sum_{j=1}^N \text{sgn}(x_t - x_j) \quad \text{para } t = 2, \dots, N \quad (8)$$

Em que: N é o tamanho da série; t e j são as posições dos valores na série;  $x_t$  e  $x_j$  são os valores das séries nos tempos t e j; e sgn é o sinal da operação ( $x_t - x_j$ ).

O possível ponto de mudança da série é dado pela estatística  $K_{(t)}$ , que representa o valor máximo absoluto de  $U_{t,N}$ . Dessa forma, a estatística  $K_{(t)}$ , representa o ponto de ruptura da série a um nível de significância p, de acordo com as equações:

$$k_{(t)} = \max_{1 \leq t \leq N} |U_{t,N}| \quad (9)$$

$$\rho \cong 2 \exp \left\{ \frac{-6(k_t^2)}{(N^3 + N^2)} \right\} \quad (10)$$

Em que: p é o nível de significância;  $K_t$  é o valor crítico; N é o número de anos da série histórica. Se p for menor que o nível de significância adotado (5%), a hipótese nula é rejeitada.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

É possível observar o comportamento mensal da precipitação referente ao período de 1964-2014 na Figura 2. Segundo Uliana, et al. (2013) os meses mais chuvosos para o estado do Espírito Santo são os meses de outubro a abril e os meses mais secos são os meses de maio a setembro, o que corrobora com as análises feitas neste trabalho, onde o mês que apresentou maior total de precipitação foi o mês de dezembro e o mês com menor total de precipitação foi o mês de junho.

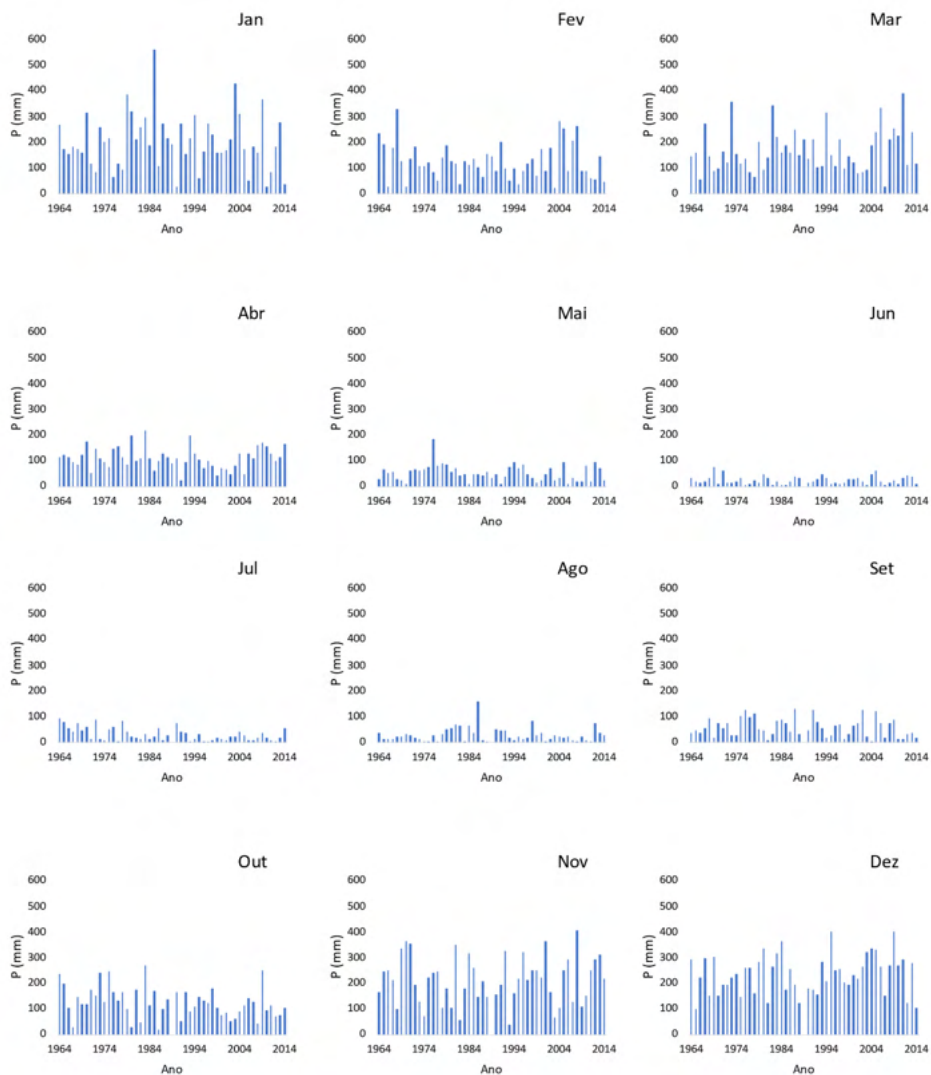


Figura 2. Precipitação mensal para a Bacia hidrográfica do rio Castelo.

Fonte: Produção do próprio autor.

Na Figura 3 observa-se os dados referentes ao comportamento da precipitação anual. Os anos que apresentaram maiores totais de precipitação foram os anos de 1983 e 2009, sendo o ano com menor total de precipitação o ano de 1989.

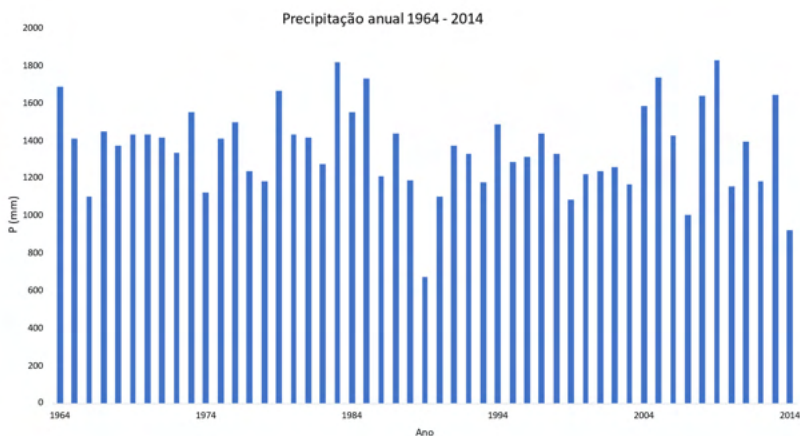
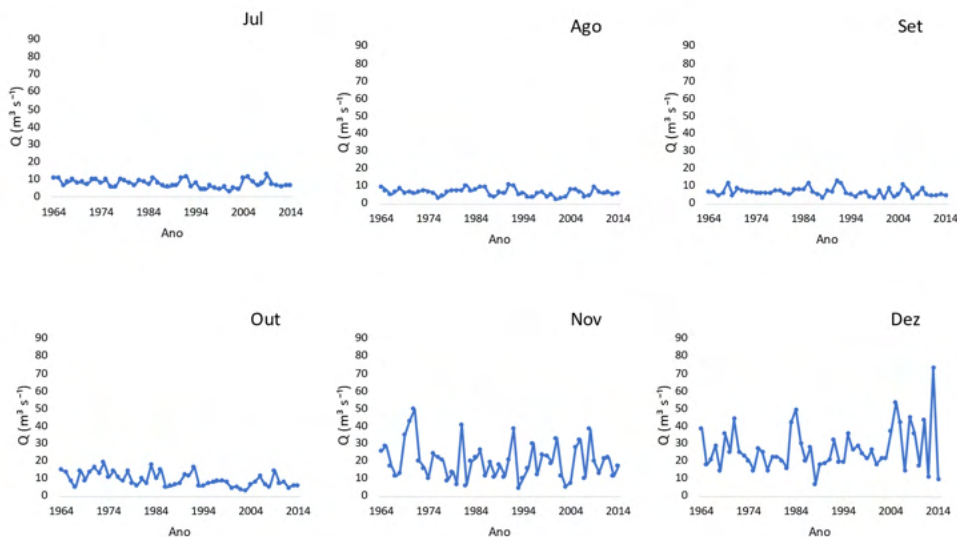


Figura 3. Precipitação anual para a Bacia hidrográfica do Rio Castelo.

Fonte: Produção do próprio autor.

Observa-se que os meses de dezembro e janeiro (Figura 4) são os meses com os maiores valores de vazão média. Já nos meses de maio até setembro há um período de estiagem na região, onde foram registrados os menores valores de vazão média.



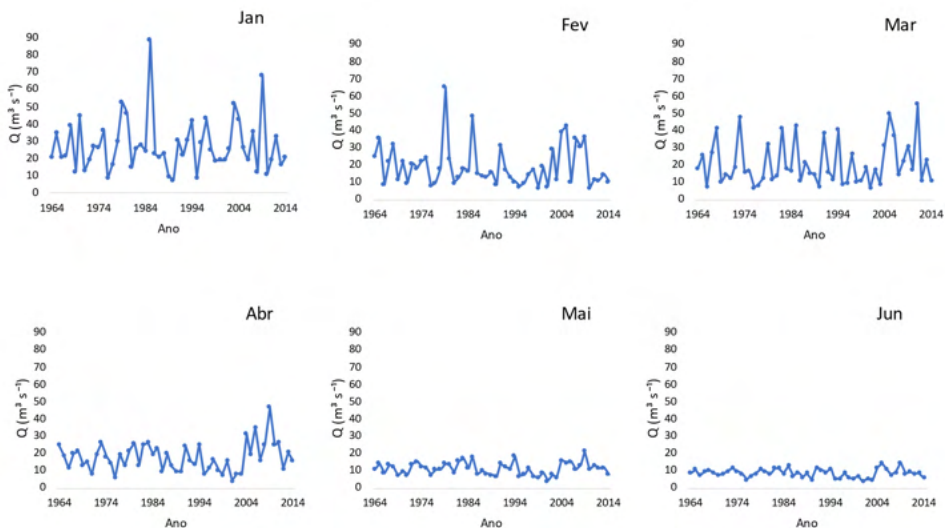


Figura 4. Vazão média mensal para a estação 57490000.

Fonte: Produção do próprio autor.

Na Figura 5 pode-se observar o comportamento hidrológico para a vazão máxima anual, vazão mínima média de 7 dias consecutivos e vazão média anual, referentes ao período de 1964-2014. Os anos com menor vazão máxima anual são os mesmos anos que apresentaram menores precipitações anual (Figura 3). Destaque para o ano de 2009 que apresentou vazão máxima próximo a  $280 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  e teve precipitação anual próxima a 1.800 mm, os anos que apresentaram menor total de precipitação anual (Figura 3) são os mesmos anos que apresentam menor total de vazão mínima média de 7 dias (Figura 5), a vazão média seguiu o comportamento dos dados de vazão apresentados nas figuras anteriores, apresentando menores valores de vazão média anual nos mesmos anos em que houve menor total de precipitação anual. Este comportamento sugere uma relação da precipitação com a magnitude das vazões na bacia do rio Castelo.

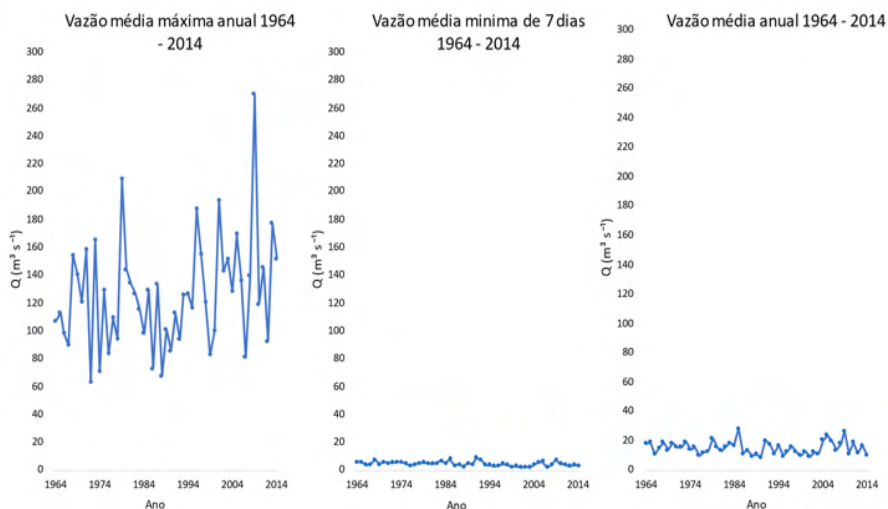


Figura 5. Vazão máxima média anual, vazão mínima média de 7 dias, vazão média anual para a estação 5749000.

Fonte: Produção do próprio autor.

O resultado do teste de correlação entre as variáveis de precipitação e vazão é apresentado na Tabela 2.

Local	Vazão média anual (Qm)	Vazão mínima anual (Q7)						
		Pa	Psc	Pss	Pva	Pia	Pmc	Pms
Bacia Rio Castelo	0,75	0,47	0,32	0,42	0,29	0,30	0,03	-0,02

Tabela 2. Valores do coeficiente de Spearman Rho entre precipitação e vazão.

Fonte: Produção do próprio autor.

Através dos coeficientes de correlação de Spearman obtidos, é possível analisar a força de correlação entre as variáveis. As correlações entre Psc x Q7, Pva x Q7 e Pia x Q7 foram classificadas como correlação fraca, as correlações entre Pa x Q7 e Pss x Q7 foram classificadas como correlação moderada, a correlação entre Pa x Qm foi classificada como correlação forte, nas análises de correlação da Pms x Q7 e Pmc x Q7, resultaram em uma correlação muito fraca, afirmando que não há correlação entre as variáveis analisadas.

Os resultados do teste estatístico de Mann-Kendall para os dados de precipitações e vazões médias mensais e anual na bacia do rio Castelo são apresentados na Tabela 3.

Período	Precipitação			Vazão		
	$Z_{MK}$	p-valor	Sen (mm ano <sup>-1</sup> )	$Z_{MK}$	p-valor	Sen (m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> . ano <sup>-1</sup> )
Jan	-0,0431	0,6610	-0,3745	-0,0204	0,8391	-0,0200
Fev	-0,1184	0,2231	-0,8994	-0,1263	0,1938	-0,1066
Mar	0,0871	0,3716	0,7280	0,0353	0,7208	0,0310
Abr	-0,0133	0,8966	-0,0707	0,0133	0,8966	0,0057
Mai	-0,1027	0,2910	-0,3601	-0,0337	0,7330	-0,0151
Jun	-0,0133	0,8966	-0,0155	-0,0714	0,4648	-0,0181
Jul	-0,2894	0,0028	-0,7336	-0,2329	0,0162	-0,0604
Ago	-0,0039	0,9741	-0,0133	-0,1624	0,0943	-0,0306
Set	-0,1200	0,2170	-0,3980	-0,1984	0,0407	-0,0400
Out	-0,2267	0,0193	-1,3173	-0,3475	0,0003	-0,1340
Nov	0,0541	0,5807	0,3220	-0,0651	0,5054	-0,0638
Dez	0,1373	0,1576	1,1546	0,0447	0,6492	0,0568
Anual	-0,1137	0,2422	-2,6173	-0,0628	0,5211	-0,0325

Tabela 3. Valores do teste de Mann-Kendall ( $Z_{MK}$ ) para precipitações mensais e anual, com p-valor associado e declinações das tendências

Fonte: Produção do próprio autor.

O teste de tendência para a bacia do Rio Castelo não foi significativo, pois p-valor foi maior que 0,05, logo, não há tendência significativa na série. O teste de tendência para as precipitações mensais mostrou apenas dois resultados significativos, indicando tendência de redução nos dados das séries no mês de Julho e no mês de Outubro, com uma declinação de Sen de -0,7336 mm.ano<sup>-1</sup> para o mês de Julho e -1,3173 mm.ano<sup>-1</sup> para o mês de Outubro (tabela 3).

As vazões médias nos meses de Julho, Setembro e Outubro também apresentaram tendência significativa de redução no teste, com p-valor menor que 0,05 e uma declinação de Sen de -0,0604 m<sup>3</sup>. s<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> para Julho; -0,04 m<sup>3</sup>. s<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> para Setembro e -0,1340 m<sup>3</sup>. s<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> para Outubro. Na Tabela 3, vemos que há tendência significativa na precipitação para o mês de Julho e também há uma tendência significativa na vazão mensal no mês de Julho. As demais variáveis apresentam p-valores maiores que 0,05 indicando que não houve tendência significativa nas séries analisadas. O teste de tendência para a vazão média anual apresentou p-valor maior que 0,05, afirmando a hipótese nula do teste, portanto, não há tendência significativa na série.

Na tabela 4, são apresentados os resultados do teste de Mann-Kendall para a vazão mínima da média de sete dias consecutivos (Q7) anual.



<b>Estação</b>	<b>Z<sub>MK</sub></b>	<b>p-valor</b>	<b>Sen (m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>)</b>
Bacia do Rio Castelo	-0,3163	0,0011	-0,0484

Tabela 4. Valores do teste de Mann-Kendall ( $Z_{MK}$ ) para vazão mínima da média de sete dias consecutivos (Q7) anual, com p-valor associado e declinações das tendências.

Fonte: Produção do próprio autor.

As vazões mínimas da média de sete dias consecutivos apresentaram tendência significativa, pois o p-valor é menor que 0,05, a declinação Sen indica decréscimo na Q7 ao passar dos anos.

O teste estatístico de Pettitt resultou nos dados apresentados nas Tabelas 5 e 6. Esse teste indica que há um ponto de mudança na série, pois o p-valor é menor que 0,05.

<b>Estação</b>	<b>K</b>	<b>p-valor</b>	<b>Ano do ponto de mudança</b>
Bacia Rio Castelo	401	0,008	1992

Tabela 5. Valores do teste de Pettitt (K) para Vazão mínima da média de sete dias consecutivos, com p-valor associado.

Fonte: Produção do próprio autor.

<b>Mês</b>	<b>K</b>	<b>p-valor</b>
Jan	88	0,0504
Fev	150	0,8502
Mar	166	0,8826
Abr	240	0,1920
Mai	174	0,7750
Jun	180	0,7068
Jul	304	0,0324
Ago	308	0,0308
Set	308	0,0308
Out	394	0,0012
Nov	150	0,8512
Dez	126	0,4676

Tabela 6. Valores do teste de Pettitt (K) para Vazão média mensal, com p-valor associado

Fonte: Produção do próprio autor.

A vazão média mensal apresentou um ponto de mudança nas séries de dados dos meses de Julho, Agosto, Setembro e Outubro, pois o p-valor foi menor que 0,05, sendo os anos dos pontos de mudança em 1986, 1992, 1992, 1985, respectivamente. Portanto, confirma-se a hipótese alternativa para esse meses. Para os demais meses não se confirma hipótese alternativa, pois resultaram do p-valor foi maior que 0,05, negando hipótese que há um ponto de mudança na série de dados.

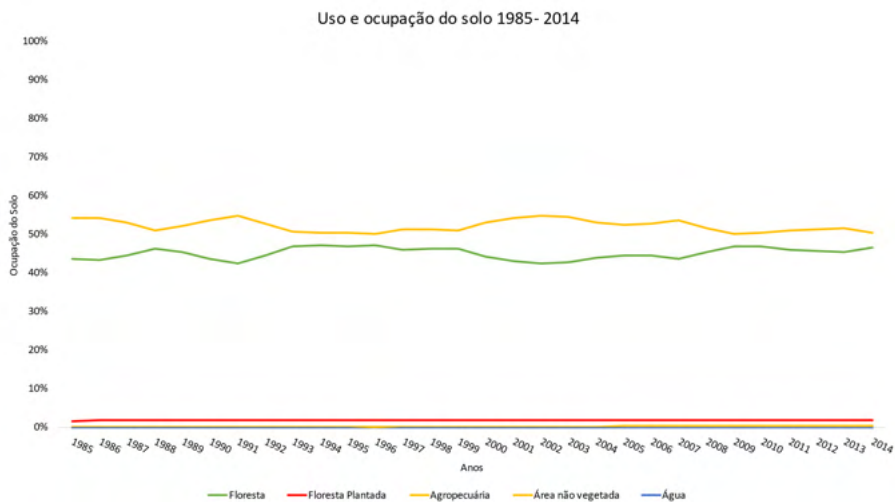


Figura 6. Uso e cobertura do solo para o município de Castelo, Espírito Santo, no período de 1985-2014.

Fonte: Produção do próprio autor.

Com o passar dos anos, a área referente a floresta cresceu e a área referente a Agropecuária (pastagens e culturas agrônômicas) diminuiu (Figura 6). Há um aumento na área destinada à floresta plantada, onde a ocupação da área foi de 1,8% para 2,2%, um aumento de 0,2% a 0,5% da área não vegetada, sendo essa área não vegetada a área urbana do município, e a área composta por água no município não houve alteração maior que 0,1% ao passar dos anos. Segundo Tucci e Clarke (1997), o aumento da vazão média pode estar relacionado a redução da cobertura de florestas.

## 4 | CONCLUSÃO

A precipitação apresentou correlação fraca para três das análises feitas (Psc x Q7, Pva x Q7 e Pia x Q7) moderada para duas análises feitas (Pa x Q7 e Pss x Q7), forte para uma análise feita (Pa x Qm) e fraca para duas análises feitas, sendo essas duas (Pms x Q7 e Pmc x Q7).

As análises do teste de Mann-Kendall apresentaram alguns resultados significativos devido o p-valor ser menor de 0,05, afirmando a hipótese alternativa, há tendência nas séries históricas analisadas, nos testes que apresentaram p-valor maior que 0,05, a hipótese alternativa fora negada.

Os testes de Pettit apontaram ponto de mudança no ano de 1992 para a série de vazão mínima da média de 7 dias consecutivos, com uma redução da vazão de  $-0,04484 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ . O teste de Pettit resultou em pontos de mudança para a série de vazão média mensal para os meses de Julho em 1986 com redução da vazão de  $-0,0604 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ ,

Agosto em 1992 com redução da vazão de  $-0,0306 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ , Setembro em 1992 com redução da vazão de  $-0,04 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$  e Outubro em 1985 com redução da vazão de  $-0,1340 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ .

O uso e cobertura do solo do município de Castelo, Espírito Santo, apresentou aumento na área dedicada as atividades florestais e de florestas naturais e apresentou redução na área dedicada as atividades agropecuárias.

Os impactos causados pela precipitação na vazão da bacia do Rio Castelo foram nos meses onde há menos precipitação, provocando tendência e ponto de mudança nas séries históricas da vazão da Bacia do Rio Castelo.

Tem-se como perspectiva para trabalhos futuros a análise de variáveis do solo, através do uso de geoprocessamento para coleta de dados precisos sobre variáveis que possa influenciar na vazão dos corpos hídricos.

## AGRADECIMENTOS

A equipe do projeto agradece a UFES pela concessão da pesquisa e incentivos.

## REFERÊNCIAS

BASARIN, Biljana et al. Trends and multi-annual variability of water temperatures in the river Danube, Serbia. **Hydrological Processes**, v. 30, n. 18, p. 3315-3329, 2016.

DE ALMEIDA, Laura Thebit et al. Análise do comportamento da vazão e precipitação na influência de enchentes na bacia hidrográfica a montante da cidade de Itajubá. **Revista Augustus**, v. 24, n. 49, p. 124-145, 2019.

GONÇALVES, Cristiane Júlio. Tendências hidroclimáticas na bacia do rio Itapemirim. 2020.

LI, Yungang et al. Contributions of climate variability and human activities to runoff changes in the upper catchment of the Red River Basin, China. **Water**, v. 8, n. 9, p. 414, 2016.

MILLY, Paul CD et al. Stationarity is dead: Whither water management?. **Science**, v. 319, n. 5863, p. 573-574, 2008.

MORAES, Jorge M. et al. Trends in hydrological parameters of a southern Brazilian watershed and its relation to human induced changes. **Water Resources Management**, v. 12, n. 4, p. 295-311, 1998.

SEN, Pranab Kumar. Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau. **Journal of the American statistical association**, v. 63, n. 324, p. 1379-1389, 1968.

SEYAM, Mohammed; OTHMAN, Faridah. Long-term variation analysis of a tropical river's annual streamflow regime over a 50-year period. **Theoretical and applied climatology**, v. 121, n. 1, p. 71-85, 2015.

TAO, Hui et al. Trends of streamflow in the Tarim River Basin during the past 50 years: human impact or climate change?. **Journal of hydrology**, v. 400, n. 1-2, p. 1-9, 2011.

TUCCI, Carlos EM; CLARKE, Robin T. Impacto das mudanças da cobertura vegetal no escoamento: revisão. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 2, n. 1, p. 135-152, 1997.

ULIANA, Eduardo Morgan et al. Precipitação mensal e anual provável para o Estado do Espírito Santo. **Irriga**, v. 18, n. 1, p. 139-417, 2013.

VÖRÖSMARTY, Charles J. et al. Global water resources: vulnerability from climate change and population growth. **science**, v. 289, n. 5477, p. 284-288, 2000.

YU, Yun-Sheng; ZOU, Shimin; WHITTEMORE, Donald. Non-parametric trend analysis of water quality data of rivers in Kansas. **Journal of Hydrology**, v. 150, n. 1, p. 61-80, 1993.

ZHANG, Xiaoping et al. Responses of streamflow to changes in climate and land use/cover in the Loess Plateau, China. **Water Resources Research**, v. 44, n. 7, 2008.

ZHANG, Y.-K.; SCHILLING, K. E. Increasing streamflow and baseflow in Mississippi River since the 1940 s: Effect of land use change. **Journal of Hydrology**, v. 324, n. 1-4, p. 412-422, 2006.

# CAPÍTULO 6

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

Data de aceite: 01/02/2022

Data de submissão: 30/11/2021

### **Maria de Fátima de Brito Lima**

Analista Ambiental do Serviço Florestal Brasileiro, Doutoranda em Ciências Florestais pela Universidade de Brasília, UnB  
Brasília, DF  
<http://lattes.cnpq.br/5913428017451590>  
<https://orcid.org/0000-0002-3532-4473>

### **Divino Eterno Teixeira**

PhD em Forest Products pela University of Idaho, USA, Analista Ambiental do Serviço Florestal Brasileiro, SFB  
Brasília, DF  
<http://lattes.cnpq.br/0725394774643825>  
<https://orcid.org/0000.0001-5450-1095>

### **Álvaro Nogueira de Souza**

Professor, Doutor do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade de Brasília, UnB  
Brasília, DF  
<http://lattes.cnpq.br/7564343207826298>  
<https://orcid.org/0000-0002-6869-2715>

### **Cecília Manavella**

Arquiteta graduada pela UnB (2018), Analista Ambiental do Serviço Florestal Brasileiro, SFB  
Brasília, DF  
<http://lattes.cnpq.br/3599868657691855>

### **Eraldo Aparecido Trondoli Matricardi**

Professor, Doutor do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade de Brasília, UnB  
Brasília, DF  
<http://lattes.cnpq.br/3238397066723847>

### **Luís Antônio Coimbra Borges**

Professor, Doutor do Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Lavras, UFLA  
Lavras, MG  
<http://lattes.cnpq.br/2994935653109104>

### **Peter Wimmer**

Analista Ambiental do Serviço Florestal Brasileiro, Doutorando em Ciências Florestais pela Universidade de Brasília, UnB  
Brasília, DF.  
<http://lattes.cnpq.br/0515217186272054>

### **Júlio Eustáquio de Melo**

Doutor em Ciências Florestais pela Universidade de Brasília, UnB  
Brasília, DF  
<http://lattes.cnpq.br/1121365613053423>

**RESUMO:** Devido ao grande déficit habitacional brasileiro que atinge especialmente as populações de baixa renda, foram edificadas diversas habitações sociais com madeiras oriundas de apreensões promovidas e doadas pelo Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) entre os anos de 2002 e 2003, no Município de Pimenta Bueno, estado de Rondônia, na Amazônia Ocidental, a partir do projeto “Habitação Popular em Madeira”, desenvolvido pelo Laboratório de Produtos Florestais (LPF), em parceria com a Universidade de Brasília (UnB). Tais moradias foram destinadas a famílias residentes na periferia e em risco de habitabilidade social. O objetivo desse trabalho foi analisar as condições

atuais das moradias anteriormente construídas, sob os aspectos de reformas efetivadas, manutenções feitas pelas famílias, resistência do material madeira às intempéries do tempo e conservação geral dos imóveis. Os resultados encontrados, a partir da aplicação às famílias beneficiadas, de questionários socioeconômicos e de habitabilidade, apontaram para que aquelas que tiveram alguma ascensão social através da educação dos descendentes e melhoria da renda familiar promoveram reformas visando ampliação e manutenção dos imóveis, estando aqueles bastante conservados. As famílias que se mantiveram sem nenhuma ascensão social ou que os descendentes não buscaram educação ou melhoria da renda familiar não efetivaram qualquer manutenção ou reforma das moradias e o estado geral de conservação observado se mostrou bastante precário, incluindo risco de desmoronamento.

**PALAVRAS-CHAVE:** Habitação Social em Madeira, Questionários socioeconômicos e de habitabilidade, Déficit Habitacional Brasileiro, Programa Nacional de Habitação.

## CHARACTERISTICS OF COMMUNITY HOUSING BUILT IN THE WESTERN AMAZONIAN CITY OF PIMENTA BUENO, RONDÔNIA, BRAZIL, WITHIN THE WOODEN PUBLIC HOUSING PROGRAM

**ABSTRACT:** Due to the large Brazilian housing deficit that affects especially low-income populations, several social housing were built with wood from seizures promoted and donated by the Brazilian Institute of Environment and Renewable Natural Resources (IBAMA) between 2002 and 2003, in the Municipality of Pimenta Bueno, state of Rondônia, in the Western Amazon, from the “Popular Housing in Wood” Project, developed by the Forestry Products Laboratory (LPF), in partnership with the University of Brasília (UnB). These houses were intended for families living in the periphery and at risk of social habitability. The objective of this work was to analyze the current conditions of previously built houses, under the aspects of reforms carried out, maintenance carried out by the families, resistance of the wood material to the weather and general conservation of the properties. The results found, based on the application of socioeconomic and habitability questionnaires to beneficiary families, indicated that those who had some social ascension through the education of their descendants and improved family income promoted reforms aimed at expanding and maintaining the properties, with those preserved. Families that remained without any social ascension or whose descendants did not seek education or improvement in their family income did not carry out any maintenance or renovation of their homes and the general state of conservation observed was very precarious, including the risk of collapse.

**KEYWORDS:** Social Housing Wood, Socioeconomic and Habitability Questionnaires, Brazilian Housing Deficit, National Housing Program.

## 1 | INTRODUÇÃO

O conceito de explosão demográfica diz respeito a expansão acelerada do crescimento da população do mundo, de determinado território ou de uma região, em particular. Pode ser causada por diferentes motivos, de acordo com o período histórico e as diferentes localidades (ALVES, 2019; PENA, 2020).

No ano de 1950 o planeta Terra já possuía 2,5 bilhões de habitantes; em 1987: 5

bilhões; em 2010, quase 7 bilhões de pessoas e em 2020, ultrapassou os 7 bilhões de habitantes (FRANCISCO, 2010; ALVES, 2019).

A rápida e contínua expansão da população humana causa implicações em questões relacionadas ao meio ambiente, segurança alimentar, à saúde, educação, ao envelhecimento, às migrações em massa e à urbanização e conseqüentemente à demanda por habitações com acesso à água potável e energia elétrica (FAO, 2021).

O déficit habitacional é o número de moradias necessárias para a solução de necessidades básicas habitacionais, em um determinado momento ou as habitações que não atendem ao “direito” de “acesso” a um conjunto de serviços habitacionais mínimos (FJP, 2020).

No ano de 2002, visando dar destinação útil e social às madeiras apreendidas pelo Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), bem como abrandar o déficit habitacional na Região Norte do País, foi elaborado pelo corpo técnico do Laboratório de Produtos Florestais (LPF), em parceria com a Universidade de Brasília (UnB) o projeto Habitação Popular em Madeira (HPM) sob as seguintes premissas:

- a) disponibilidade de madeira proveniente de apreensões efetuadas pelo IBAMA;
- b) utilização de espécies de madeiras adequadas à sua função na habitação, complementado por procedimentos de manutenção, reparo e substituição de componentes, de forma a garantir a durabilidade desejada para obras desta natureza;
- c) definição de um sistema estrutural e construtivo flexível, adaptável a vários tipos de fechamentos de acordo com a disponibilidade de material nas diferentes regiões de implementação do projeto;
- d) simplificação do processo construtivo, possibilitando a utilização de mão de obra do futuro morador em regime de mutirão;
- e) independência entre estrutura e fechamento, o que permite diferentes opções de distribuição interna dos ambientes, além de favorecer a rápida execução de estrutura e cobertura da casa, para um posterior fechamento (provisório ou definitivo);
- f) modulação estrutural em múltiplos de 90 cm, abrindo a possibilidade de iniciativas de industrialização e comercialização de elementos estruturais, de painéis de fechamento e outros elementos de vedação;
- g) opções diferenciadas de soluções de conforto ambiental para diferentes regiões de implantação, como ventilação das empenas e vão do telhado, cobertura em telha cerâmica e piso elevado, dentre outros;
- h) pintura dos painéis de paredes, diminuindo a absorção de água e calor da madeira, bem como contribuindo para diferenciar as habitações; e
- i) possibilidade de expansão, levando em consideração as dimensões usuais dos lotes destinados a programas habitacionais de baixo custo (MELO, et al., 2002).

No ano de 2002 e 2003 o projeto foi implementado, com subsídios do Programa Comunidade Solidária do Governo Federal, em municípios dos estados de Rondônia, Amazonas e Pará, Região Norte do Brasil, onde estavam estocadas as madeiras apreendidas pelo IBAMA (LIMA, 2017).

Para a edificação de unidades construtivas no município de Pimenta Bueno, estado de Rondônia as especificações técnicas do projeto foram seguidas e acompanhadas por corpo técnico especializado do LPF. A madeira, principal matéria prima utilizada nas moradias foi doada pelo IBAMA e o Programa Comunidade Solidária subsidiou integralmente os outros materiais, além de treinar e utilizar mão de obra dos próprios beneficiários e do Exército Brasileiro (LIMA, 2017).

Assim, o objetivo do presente trabalho foi analisar as condições atuais das moradias edificadas nos anos de 2002 e 2003 no Município de Pimenta Bueno, Estado de Rondônia, sob os aspectos de reformas efetivadas, manutenções feitas pelas famílias, resistência do material madeira às intempéries do tempo e conservação geral dos imóveis.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização de vistoria dos imóveis construídos no ano de 2002 em Pimenta Bueno faz-se necessário o conhecimento dos conceitos de habitabilidade e vistoria.

A habitabilidade se propôs através da visualização das condições gerais da moradia e aplicação de questionário com diversas perguntas aos moradores da unidade habitacional, bem como vistoria aos imóveis.

Para Robles & González (2019) habitar é ocupar um território e viver nele.

A habitabilidade é a capacidade do espaço de dar respostas, desde a satisfação e bem-estar às necessidades especiais do ser humano (HONORATO, 2020).

Em se tratando da vistoria dos imóveis edificados em Pimenta Bueno, RO em 2002, buscou-se amparo na Norma Técnica ABNT NRB 14.653-2:2019, que em seu título 6.3 menciona a vistoria como atividade essencial no processo avaliatório do bem ou imóvel.

### 2.1 Localização e caracterização da área de estudo

#### 2.1.1 Pimenta Bueno, RO

O município de Pimenta Bueno no estado de Rondônia, se situa a 185 metros de altitude com as coordenadas geográficas: Latitude: 11°40'29" Sul e Longitude: 61°11'28" Oeste. Dista 39 Km a Sul-Leste de Cacoal, maior cidade dos arredores, onde se pode chegar por via aérea, com voos partindo diariamente de Brasília, DF. A população do município estimada para 2019 foi de 36.660 habitantes (IBGE, 2020).



## 2.2 Material utilizado

### 2.2.1 Coleta e tratamento de dados

Tomando como base o projeto HPM o desenvolvimento do estudo em Pimenta Bueno, RO, pode ser dividido nas seguintes etapas, conforme demonstrado no Quadro 1, a seguir:

<b>Etapas</b>	<b>Atores envolvidos</b>	<b>Resultados esperados</b>
1 – Visita a Pimenta Bueno, RO em outubro de 2018, para tratar da avaliação dos imóveis construídos em 2002.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Autora e 1 arquiteta, servidora do Serviço Florestal Brasileiro;</li><li>• Prefeitura Municipal de Pimenta Bueno;</li><li>• Famílias beneficiadas.</li></ul>	Localizar os imóveis construídos em 2002 e os servidores da Prefeitura e madeireiros envolvidos com a construção em 2002.
2 - Coleta dos dados a campo através de entrevistas aos beneficiados pelo programa Comunidade Solidária em 2002/2003, utilizando-se de questionário socioeconômico e de habitabilidade.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Servidores da Prefeitura Municipal de Pimenta Bueno, RO;</li><li>• Famílias beneficiadas;</li><li>• Autora e 1 arquiteta, servidora do Serviço Florestal Brasileiro.</li></ul>	Coleta única de informações com cada representante de família beneficiada, através de entrevista e aplicação de questionário socioeconômico estruturado, bem como posterior documentação fotográfica dos imóveis visitados.
3 – Elaboração de análise qualitativa e quantitativa dos questionários aplicados e documentação fotográfica capturada.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Autora</li><li>• Um fotógrafo contratado</li></ul>	Inserção dos resultados em tese de doutorado em elaboração pela autora.

QUADRO 1. Etapas da coleta de campo e tratamento dos dados

Fonte: Elaborado pela autora. Março de 2020.

O questionário aplicado às famílias beneficiárias dos imóveis em Pimenta Bueno em 2002, constou de entrevistas quanto ao aspecto socioeconômico, habitabilidade e vistoria dos imóveis.

No tocante à entrevista socioeconômica foram aplicadas questões qualitativas referentes a natureza de gênero; idade; propriedade do imóvel; renda individual e familiar; profissão e grau de escolaridade do pesquisado e descendentes.

Na entrevista quanto a habitabilidade do imóvel foi questionada a qualidade construtiva; a satisfação do usuário com a adequação da moradia às necessidades da família e com a dimensão estética e principais problemas ou defeitos da edificação.

Para a vistoria do imóvel foram aplicados questionamentos qualitativos e quantitativos, cujo Questionário de Vistoria foi dividido em 3 grandes tópicos avaliativos: Segurança estrutural, Habitabilidade e Sustentabilidade Construtiva conforme disposto no Quadro 2.

Qualitativos		Quantitativos	
Segurança Estrutural	presença de trincas	Sustentabilidade construtiva	estado de conservação compatível com a vida útil do projeto
	presença de deformações		condições da moradia quanto à exposição dos agentes degradantes
Habitabilidade	presença de umidade		condições de uso e manutenção
	substituição de materiais componentes ou dispositivos		ausência de comprometimento do meio ambiente na escala do lote onde está situado o imóvel
	reforma na unidade habitacional		
	ampliação da unidade habitacional		

QUADRO 2. Questionamentos quanto a vistoria dos imóveis

Fonte: Elaborado pela autora em maio/2021.

Para cada conjunto de perguntas da Sustentabilidade Construtiva foi atribuída uma nota variando de 1 a 5, conforme demonstrado no Quadro 3.

Nota	Escala de avaliação
5	Pleno
4	Bom
3	Neutro
2	Razoável
1	Ruim

QUADRO 3. Escala de notas de avaliação para os imóveis vistoriados

Fonte: Elaborado pela autora.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em se tratando dos imóveis anteriormente citados como construídos em Pimenta Bueno foram visitados 8 deles, sendo que 2 haviam sofrido incêndio e se encontravam completamente destruídos. Dois imóveis foram edificados em Pimenteiras, RO, não tendo sido visitados na ocasião da visita à campo em 2018.

Foi aplicado questionário socioeconômico, de habitabilidade e vistoria a 6 proprietários de imóveis em Pimenta Bueno, RO, edificados em 2002.

O primeiro dado que chamou a atenção foi o de que 100% das propriedades entrevistadas tinham como chefe de família uma mulher, sendo 5 viúvas e apenas 1 casada.

Quanto ao questionário socioeconômico, a análise dos dados demonstrou que: as casas estão localizadas na zona urbana do município; das 6 famílias entrevistadas 5 têm a casa como própria sendo primeiros proprietários e apenas 1 é segunda proprietária, tendo herdado a casa do esposo falecido.

Em relação à renda familiar, o Gráfico 1 a seguir apresenta o número de famílias entrevistadas em relação à quantidade de salários mínimos auferidos por elas, durante 1 mês, verificando-se que 50% (cinquenta por cento) têm renda que alcança até 1 salário mínimo; 33% (trinta e três por cento) percebe até 3 salários mínimos e 17% (dezesete por cento) não auferem nenhuma renda (são pedintes, além de receberem bolsa família de 2 netos que moravam com a avó, proprietária da habitação).



Gráfico 1 – Renda familiar em relação ao número de famílias entrevistadas.

Quando da análise da escolaridade das 6 mulheres entrevistadas, constatou-se que 2 não estudaram nem frequentaram escola; 2 concluíram o ensino fundamental I e 2 pararam de estudar no ensino fundamental II.

A escolaridade dos filhos das entrevistadas também variou: 2 famílias tinham filhos com ensino superior; 3 cujos filhos concluíram o ensino médio e 2 famílias com filhos que cursaram apenas o ensino fundamental I. Nesse tópico uma matriarca tem 1 filho cursando o ensino superior e outros 2 filhos com ensino médio, o que justifica a quantidade de famílias somar 7.

Ao analisar o questionário de habitabilidade, constatou-se que as 6 chefes de famílias entrevistadas se encontravam satisfeitas com a moradia em madeira. Dessas, 2 haviam feito ampliação no projeto original da residência.

Durante as entrevistas, percebeu-se que nenhuma matriarca teve críticas à habitação em madeira ou ao projeto, uma vez que as casas foram doadas pela Prefeitura, sem custo para seus moradores, além de ter sido mencionado que foi a melhor casa que todas já haviam habitado até a realização do trabalho de campo.

Ao realizar o cruzamento de informações do questionário socioeconômico com o da vistoria dos imóveis, constatou-se que dos 6 imóveis vistoriados 4 foram avaliados como em bom estado de conservação e uso; 1 foi avaliado como ruim, com risco de

desmoronamento, podendo prejudicar a integridade física dos moradores e 1 obteve nota máxima 5 e foi avaliado como pleno estado de conservação e uso.

Para os 4 imóveis avaliados com nota 4: bom estado de conservação e uso a escolaridade da matriarca e seus descendentes foi respectivamente: não estudou e ensino fundamental I e II; ensino médio e ensino superior.

O imóvel avaliado como ruim, tendo obtido nota 1: com risco de desmoronamento, a matriarca não estudou e os filhos abandonaram a escola no ensino fundamental e 2 filhos encontravam-se presos por venda de drogas ilícitas.

Para o imóvel avaliado com nota 5: pleno estado de conservação e uso: a matriarca possuía ensino fundamental completo e filha única estava cursando enfermagem em universidade pública da região.

De acordo com Honorato, (2020) se faz necessário tentar encontrar um ordenamento territorial que qualifique as cidades mais justas, sustentáveis e produtivas, a partir das habitações populares no México. Deve-se incentivar a oferta e a demanda por moradias de acordo com as necessidades básicas das famílias, uma vez que as oportunidades de vida nas cidades contribuem para criação de desigualdades sociais.

A Figura 1 mostra 1 moradia habitada pela mesma família desde a construção até meados de 2021 quando foram capturadas diversas imagens da mesma. A habitação passou por uma pequena reforma tendo sido ampliada em 2 cômodos: 1 quarto e 1 cozinha a mais em alvenaria. Segundo relato dos entrevistados, para maior conforto familiar, uma vez que os filhos cresceram.



Figura 1. Imagem de habitação que teve 1 quarto e 1 cozinha ampliados.

Fonte: Imagem capturadas por Ícaro Benetti, julho 2021.

Tanto na época das entrevistas e realização de vistoria (2018), quanto na captura das imagens (2021), a habitação se encontrava em bom estado de conservação e uso, necessitando tão somente de pequenos reparos no piso da varanda e alguns painéis e estrutura de fechamento externos que haviam se desgastado pela exposição às intempéries naturais de chuvas, sol e umidade.

A Figura 2 mostra 1 moradia também habitada pela mesma família desde a construção até meados de 2021. A habitação passou por uma pequena reforma tendo sido ampliada em 1 varanda lateral.



Figura 2. Imagem de habitação que teve 1 varanda externa ampliada.

Fonte: Imagem capturadas por Ícaro Benetti, julho 2021.

Quando da realização das entrevistas (2018) a parte interna do imóvel, que nunca havia sido modificada estava em perfeito estado de conservação e uso.

Quanto à parte externa carecia de manutenção corretiva especialmente de pintura e ajuste de janelas e portas.

Salienta-se, pois que todo o madeiramento da estrutura, piso e fechamento encontravam-se em ótimo estado sem peças danificadas nem pelas intempéries naturais nem por cupins xilófagos.

A Figura 3 mostra uma habitação que estava desocupada quando da entrevista à campo em 2018.

Salienta-se que toda a parte interna se encontrava bastante conservada.

Em relação à parte externa necessitava de pequenos reparos na estrutura de piso que sustentavam as paredes do lado direito do imóvel.

Apesar de ter sido dentre os imóveis vistoriados o mais elevado do chão, por

pilaretes de concreto, todo o piso da varanda encontrava-se danificado visivelmente devido a intempéries naturais ou por nunca haver passado por manutenção corretiva desde a construção.

Todo o imóvel também necessitava de ajuste de portas e janelas bem como de pintura em geral.



Figura 3. Imagem de moradia desocupada mas em bom estado de conservação.

Fonte: Imagem capturadas por Ícaro Benetti, julho 2021.

A Figura 4 demonstra uma habitação que não recebeu nenhuma manutenção preventiva ou corretiva, desde a construção, no ano de 2002.



Figura 4. Imagem de moradia necessitando de reparos.

Fonte: Imagem capturadas por Ícaro Benetti, julho 2021.



Conforme se pode observar necessitava de ajustes gerais tanto na estrutura da varanda quanto nos painéis de fechamento externos e portas e janelas que sofreram desgastes com o tempo de uso e pela exposição da madeira do fechamento às intempéries naturais.

Internamente, a moradia mostrada na Figura 4 se encontrava em bom estado de conservação e uso.

A imagem da Figura 5 mostra uma habitação que teve o piso em madeira totalmente substituído por alvenaria revestida de cerâmica.



Figura 5. Imagem de moradia em perfeito estado de uso e conservação.

Fonte: Imagem capturadas por Ícaro Benetti, julho 2021.

De acordo com a proprietária, foram feitas 3 manutenções, sendo 2 corretivas e 1 preventiva de renovação da pintura, desde a construção em 2003. As manutenções contemplaram além da mudança do piso, a ampliação de varanda lateral, cozinha e área de serviços.

Abaixo uma imagem da mesma habitação capturada em 2018 quando da viagem à campo para a realização das entrevistas.



Figura 6. Imagem de moradia em perfeito estado de uso e conservação.

Fonte: Imagem capturadas por Cecília Manavella, outubro, 2018.

Do total dos imóveis visitados e vistoriados em 2018, não se tem imagem do que foi avaliado como ruim, uma vez que fora demolido pela Prefeitura de Pimenta Bueno, pois o estado de conservação era alarmante e caso desmoronasse, causaria risco de morte aos seus habitantes.

#### 4 | CONCLUSÃO

Concluiu-se que das famílias entrevistadas, aquelas que se mantiveram sem nenhuma ascensão social ou que os descendentes não buscaram educação ou melhoria da renda familiar não efetivaram qualquer manutenção ou reforma das moradias e o estado geral de conservação se mostrou bastante precário, incluindo risco de desmoronamento.

#### REFERÊNCIAS

ABNT NBR 14653-2:2019. **Avaliação de bens, Parte 2: Imóveis urbanos**. Rio de Janeiro.

ALVES, J. E. D., 2019. **Laboratório de Demografia e Estudos Populacionais**. [Online] Available at: <https://www.ufjf.br/> [Acesso em 13 Maio 2021].

FAO, 2021. **FAO Publications Catalogue 2021**, Rome: FAO Office of Communications.

FJP, 2020. **Seminário Internacional Pesquisa Déficit Habitacional e Inadequação de Moradias no Brasil: avanços e desafios**. [Online] Available at: <http://novosite.fjp.mg.gov.br/deficit-habitacional-no-brasil/> [Acesso em 27 Abril 2021].



FRANCISCO, A., 2010. **Crescimento Demográfico em Moçambique: Passado, Presente... que Futuro?**. *Instituto de Estudos Sociais e Económicos - IESE*, 16 Abril, pp. 1-3.

HONORATO, L. A. V., 2020. **Habitabilidade**. 1 ed. México: Xalapa Taller Editorial

IBGE, 2020. **IBGE Cidades e Estados**. [Online] Available at: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ro/porto-velho.html>[Acesso em 15 Maio 2021].

LIMA, M. F. B., 2017. **Minha Casa de Madeira: levantamento e proposta de adequação ao custo unitário básico**. Brasília: Repositório UnB.

MELO, J. E., VALLE, I. M. R. d., MELLO, R. L. d. & SOUZA, M. R. d., 2002. **Habitação Popular em Madeira**. LPF ed. Brasília: 100p.

PENA, R. F. A., 2020. **Brasil Escola**. [Online] Available at: <https://brasilecola.uol.com.br/imprimir/122299>[Acesso em 10 Maio 2021].

ROBLES, J. A. & GONZÁLEZ, G. J. A., 2019. **Evaluación de la habitabilidad de da construcción de tierra a partir del confort. Comparativo de habitabilidad de sistemas tradicionales**. *Instituto de Investigación y Posgrado de la Facultad del Hábitat*, 17 Abril, pp. 135-149.

# 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*

### **Damares 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 CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub>/g solo<sup>-1</sup>). 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 CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub>/g soil<sup>-1</sup>). 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<sup>-1</sup>) e titulação com sulfato ferroso amoniacal (0,20 mol L<sup>-1</sup>), 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 K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (0,5 mol L<sup>-1</sup>) 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<sup>-1</sup>) 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<sup>-1</sup>).

## 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 CO<sub>2</sub> liberado durante a incubação do solo em um sistema fechado. O CO<sub>2</sub> 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<sup>-1</sup>. O CO<sub>2</sub> liberado foi determinado por titulação de NaOH residual com HCl 0,05 mol L<sup>-1</sup>, após precipitação do carbono com cloreto de bário (BaCL<sub>2</sub>), 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 CO<sub>2</sub>/g solo/h); V<sub>branco</sub> =

volume de HCL consumido pelas provas em branco (ml);  $V_{\text{amostra}}$  = volume de HCL consumido pelas amostras (ml); N = normalidade do HCL ( $\text{mol L}^{-1}$ ); fc = fator de correção para  $\text{CO}_2$  (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.

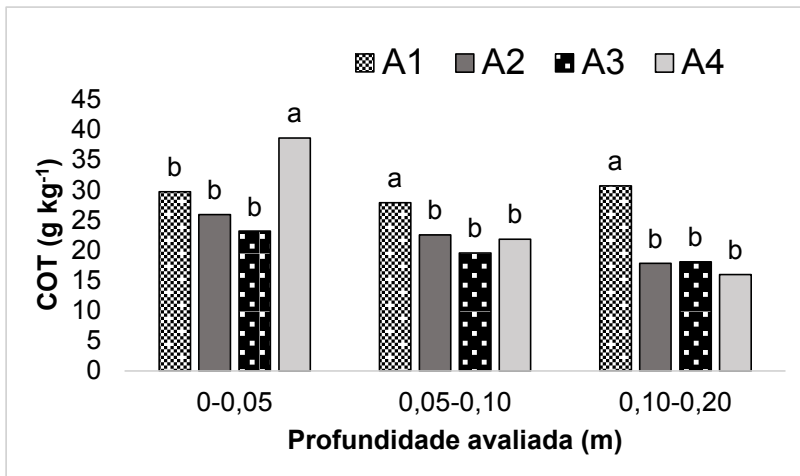


Figura 1. Carbono orgânico total (COT) nas áreas com diferentes tempos de restauração florestal, após mineração de Bauxita no Município de Juruti-PA.

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 <sub>2</sub> /g solo h <sup>-1</sup> )	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 <sub>2</sub> /g solo <sup>-1</sup> )	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 <sub>2</sub> /g solo <sup>-1</sup> )	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](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](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.

# CAPÍTULO 8

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

*Data de aceite: 01/02/2022*

### **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)

### **Damares Azevedo da Silva**

Discente do curso de Bacharelado em Agronomia do Campus Universitário de Juruti da Universidade Federal do Oeste do Pará (CJUR/UFOPA)

### **Rebeca Laís Cancio 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>

### **Frances Marques Moreira**

Discente do curso de Bacharelado em Agronomia do Campus Universitário de Juruti da Universidade Federal do Oeste do Pará (CJUR/UFOPA)  
<https://orcid.org/0000-0003-2104-9981>

### **Inês Ariane de Paiva Câncio**

Discente do curso de Bacharelado em Agronomia do Campus Universitário de Juruti da Universidade Federal do Oeste do Pará (CJUR/UFOPA)  
<https://orcid.org/0000-0002-8675-158X>

### **Ingrid Souza de Andrade**

Discente do curso de Bacharelado em Agronomia do Campus Universitário de Juruti da Universidade Federal do Oeste do Pará (CJUR/UFOPA)  
<https://orcid.org/0000-0001-7925-5820>

### **Andressse Castro 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/0000-0002-8311-8084>

### **Luiz Alberto da Silva Rodrigues Pinto**

Doutorando do programa de Agronomia-Ciência do solo da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ)  
<https://orcid.org/0000-0002-4369-4511>

### **Marcos Gervasio Pereira**

Docente do curso de Bacharelado em Agronomia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ)  
<http://orcid.org/0000-0002-1402-3612>

### **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:** O objetivo do estudo foi quantificar os teores de carbono orgânico total e suas respectivas frações granulométricas e químicas em áreas sob diferentes tempos e métodos de restauração florestal após mineração de bauxita no Baixo Amazonas. O estudo foi realizado no município de Juruti (PA), localizado na Mesorregião do Baixo Amazonas. Foram selecionadas três áreas

com diferentes tempos de restauração florestal e uma área de referência, a saber: A1: área reflorestada em 2018; A2: área reflorestada em 2015; A3: área reflorestada em 2012; e A4: área de Floresta. Em cada área amostral foram realizadas coletas de amostras para avaliação das propriedades químicas dos solos. As amostras deformadas foram coletadas nas profundidades de 0-0,05, 0,05-0,10, 0,10-0,20 m mediante a abertura de quatro mini trincheiras em cada área. Em cada mini trincheira foram retiradas três amostras simples por profundidades. As amostras foram homogeneizadas para formar uma amostra composta. As amostras foram secas ao ar e destorroadas, e passadas por peneiras de 2 mm para obtenção da terra fina seca ao ar. Neste material foram quantificados os teores de carbono orgânico total (COT), particulado (COP) e associado aos minerais (COam). Também foram quantificados os teores de carbono das frações ácido fúlvico (C-FAF), ácido húmico (C-FAH) e humina (C-HUM). Na profundidade de 0-0,05 m, na área A4 (floresta) foram quantificados os maiores teores de COT, COam, C-FAH e C-HUM; já na profundidade de 0,10-0,20 m, na área A1 (restauração mais recente) foram observados os maiores teores de COT, COP, COam, C-FAF, C-FAH e C-HUM. Concluiu-se que o processo de restauração florestal nas áreas mineradas, utilizando o método de nucleação, foi capaz de manter e/ou elevar os teores de carbono orgânico total e de suas respectivas frações orgânicas físicas e químicas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Degradação do solo; Amazônia; Nucleação.

## DYNAMICS OF ORGANIC CARBON SOIL IN DIFFERENT STAGES OF FOREST RESTORATION IN BAUXITE MINING AREAS IN THE LOWER AMAZON

**ABSTRACT:** The objective of the study was to quantify the contents of total organic carbon and their respective granulometric and chemical fractions in areas under different times and methods of forest restoration after bauxite mining in the Lower Amazon. The study was carried out in the municipality of Juruti (PA), located in the Lower Amazon Mesoregion. Three areas with different forest restoration times and a reference area were selected, namely: A1: area reforested in 2018; A2: area reforested in 2015; A3: area reforested in 2012; and A4: Forest area (A4). In each sample area, soil was collected to verify the chemical properties of the soils. Undisturbed soil samples were collected at depths of 0-0.05, 0.05-0.10, 0.10-0.20 m by opening four mini trenches in each area. In each mini trench, three simple samples were taken by depth. The samples were homogenized to form a composite sample. The samples were air-dried and crushed, and passed through 2 mm sieves to obtain air-dried fine earth. In this material, total organic carbon (TOC), particulate (COP) and associated with minerals (COam) contents were quantified. The carbon contents of the fulvic acid (C-FAF), humic acid (C-FAH) and humin (C-HUM) fractions were also quantified. At a depth of 0-0.05 m, in area A4 (forest) the highest levels of TOC, COam, C-FAH and C-HUM were quantified; at a depth of 0.10-0.20 m, in area A1 (most recent restoration) the highest levels of TOC, COP, COam, C-FAF, C-FAH and C-HUM were observed. It was concluded that the forest restoration process in the mined areas, using the nucleation method, was able to maintain and/or increase the levels of total organic carbon and their respective physical and chemical organic fractions.

**KEYWORDS:** Soil degradation; Amazon; Nucleation.

## 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).

Na Amazônia, vários levantamentos foram realizados sobre os depósitos de bauxita. Dentre eles, destacam-se os depósitos de Carajás, os de Paragominas (Kotschoubey, 2005) e os de Rondon do Pará (Oliveira et al., 2016). Destacam-se ainda os depósitos de rochas siliciclásticas da Formação Alter do Chão os trabalhos de Boulangé & Carvalho (1997) e Antoniassi (2010), os dois em Porto Trombetas e os de Cruz (2011) e Costa et al., (2014) em Juruti.

Uma série de consequências ao meio ambiente é promovida pela extração de recursos minerais em virtude do elevado poder de degradação que essa atividade pode promover. Levando a redução da vegetação nativa, da fauna e da camada mais fértil do solo (Mendes Filho, 2004). Nesse contexto, tem-se por exemplo a extração da bauxita, que é uma rocha constituída de minerais hidratados de alumínio utilizados nas indústrias químicas, de abrasivos e de cimento (Barros et al., 2018). Contudo, ainda são poucos os estudos que avaliam os impactos que ocorrem sobre o meio ambiente em função dos processos de extração mineral.

Escolher espécies vegetais pioneiras e resistentes é fundamental para o início do processo de restauração de ambientes minerados (Rios et al., 2017). A revegetação destas áreas depende do restabelecimento de uma microbiota ativa e de mudanças físicas e químicas no meio, propiciando condições necessárias para a reabilitação do solo e consequente retomada das espécies vegetais nativas (Trindade et al., 2000). A partir do exposto, o objetivo do estudo foi quantificar os teores de carbono orgânico total e suas respectivas frações físicas e químicas em áreas sob diferentes tempos e métodos de restauração florestal 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; e 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*, que é a camada delimitada até 0,20 m de profundidade e que 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, posteriormente, a área está preparada 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 técnica de nucleação, apenas os montes com *topsoil* + plantio de mudas. Nos anos de 2013 e 2014 passou-se a utilizar o material vegetal oriundo da supressão da floresta + plantio de mudas. A partir do ano de 2015 foi utilizado o método de nucleação utilizando o *topsoil* + o material vegetal oriundo da supressão da floresta + 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 oriundas da atividade de resgate nas áreas onde serão suprimidas.

## 2.3 Coleta e Preparo de Solo

Em cada área selecionada foi realizada a coleta amostras de terra para avaliação das propriedades químicas. As amostras indeformadas foram coletadas nas profundidades de 0-0,05, 0,05-0,10, 0,10-0,20 m mediante a abertura de quatro mini trincheiras em cada área. Em cada mini trincheira foram retiradas três amostras simples por profundidades. As amostras foram homogeneizadas para formar uma amostra composta. As amostras foram secas ao ar e destorroadas, e passadas por peneiras de 2 mm para obtenção da terra fina seca ao ar (TFSA), e foram encaminhadas para a realização das análises.

## 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 ( $0,167 \text{ mol L}^{-1}$ ) e titulação com sulfato ferroso amoniacal ( $0,20 \text{ mol L}^{-1}$ ), segundo a metodologia proposta por Yeomans & Bremner (1988).

## 2.5 Fracionamento Granulométrico da Matéria Orgânica do Solo

Para o fracionamento granulométrico da matéria orgânica do solo, 20 g de TFSA e 60 mL de solução de hexametáfosfato de sódio ( $5 \text{ g L}^{-1}$ ) foi agitado durante 15 horas em agitador horizontal (Cambardella & Elliott, 1992). A seguir, a suspensão foi passada em peneira de 53  $\mu\text{m}$  com auxílio de jato de água. O material retido na peneira, que consiste

no carbono orgânico particulado (COP) associado à fração areia, foi seco em estufa a 60 °C, quantificado em relação a sua massa, macerado em gral de porcelana e analisado em relação ao teor de COT segundo Yeomans & Bremner (1988). O material que passou pela peneira de 53 µm, que consiste no carbono orgânico associado aos minerais (COAM) das frações silte e argila, foi obtido por diferença entre o COT e COP.

## 2.6 Fracionamento Químico da Matéria Orgânica do Solo

As substâncias húmicas foram separadas em três frações: fração ácidos fúlvicos (FAF), fração ácidos húmicos (FAH) e humina (HUM), sendo utilizada a técnica de solubilidade diferencial estabelecida pela Sociedade Internacional de Substâncias Húmicas conforme técnica adaptada e apresentada por Benites et al. (2003). Para tal, foi pesado uma massa de TFSA igual a 1,0 g, submetendo ao contato com 20 mL de NaOH 0,1 mol L<sup>-1</sup> por 24 horas.

A separação entre o extrato alcalino (EA = C-FAF + C-FAH) e o resíduo (CHUM) foi feita por centrifugação a 5000 rpm por 20 minutos. Seguiu-se mais uma lavagem com a mesma solução anterior, reunindo-se o extrato com o anteriormente obtido, resultando em volume final de 40 mL. O resíduo foi retirado dos tubos da centrífuga, acondicionados em placa de Petri e seco a 65 °C (até atingir massa constante). O pH do EA foi ajustado a 1,0 (± 0,1) com H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 20%, seguido de decantação por 18 horas. O precipitado (C-FAH) foi separado da fração solúvel (C-FAF) por filtragem e ambos os volumes aferidos a 50 mL, com água destilada.

A quantificação do carbono orgânico nas frações C-FAF e C-FAH foi feita usando-se alíquotas de 5,0 mL de extrato, 1,0 mL de dicromato de potássio 0,042 mol L<sup>-1</sup> e 5,0 mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado, em bloco digestor a 150 °C (30 min) e titulação com sulfato ferroso amoniacal 0,0125 mol L<sup>-1</sup>. No resíduo seco em estufa, foi determinado o C-HUM, adicionando-se 5,0 mL de dicromato de potássio 0,1667 mol L<sup>-1</sup> e 10 mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado, em bloco digestor a 150 °C (30 min) e titulação com sulfato ferroso amoniacal 0,25 mol L<sup>-1</sup> e indicador ferroin (Yeomans & Bremner, 1988).

## 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 inteiramente 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 teores de carbono orgânico total (COT) são apresentados na Figura 1. Os valores quantificados variaram de 15,95 a 38,60 g kg<sup>-1</sup>. Sendo observadas poucas diferenças entre as áreas avaliadas, exceto para a área A1 (ambiente reflorestado em 2018). As atividades empregadas à recuperação ambiental de áreas mineradas devem, inicialmente, focar o fortalecimento do sistema edáfico, através de técnicas que melhorem a qualidade física (Corrêa & Bento, 2010; Barros et al., 2018), química e biológica do solo.

Na profundidade de 0-0,05 m, foram observados os maiores teores de COT na área A4 (controle) em comparação as demais. Os resultados de COT verificados em superfície na área de floresta, podem estar relacionados com a maior diversidade de espécies vegetais em um ambiente mais equilibrado e complexo, influenciando em um maior e variado aporte de material orgânico, e proporcionando maior estabilização da matéria orgânica do solo (MOS) sob a superfície do terreno quando comparado à ambientes antropizados (como por exemplo, áreas mineradas em processo de recuperação).

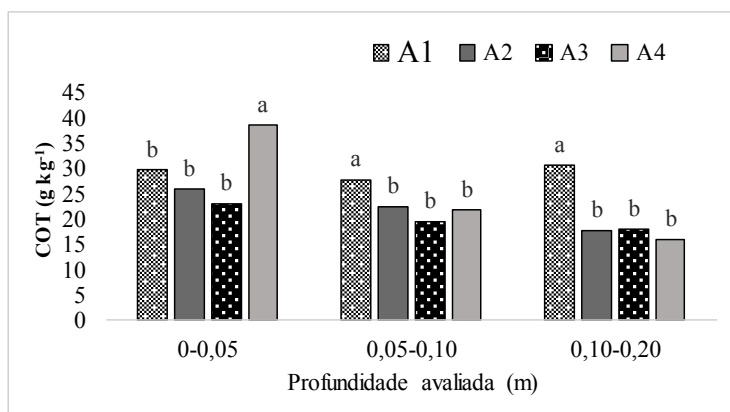


Figura 1. Carbono orgânico total (COT) nas áreas com diferentes tempos de restauração florestal, após mineração de Bauxita no Município de Juruti-PA.

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.

Nas profundidades de 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m, os teores mais elevados de COT foram verificados na área A1, superando tanto os teores das áreas A2 (reflorestada em 2015) e A3 (reflorestada em 2012), quanto da área de floresta (Figura 1). Ao final do processo de mineração da bauxita, tem-se a devolução do *topsoil* retirado e inicia-se então a fase de restauração vegetal do ambiente, que na área A1 teve início em 2018 sob novo método

de nucleação (*topsoil* + galhada + plantio de mudas) com conjunto de práticas diferentes às empregadas nas áreas A2 e A3. Os resultados de COT verificados em A1 sugerem que após aproximadamente um ano de revegetação sob novo método de nucleação, os processos de recuperação da área minerada estão sendo favorecidos nesse ambiente, propiciando à manutenção e/ou aumento dos teores de matéria orgânica, principalmente em profundida

Vale destacar, que reduções nos teores de COT na superfície do solo também podem ser verificadas, podendo ser atribuídas à remoção da camada fértil do solo e ao 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 no solo após a recuperação.

### 3.2 Carbono Orgânico Particulado e Associado aos Minerais

Na Tabela 1 são apresentados os dados de carbono orgânico das frações granulométricas da MOS. As maiores quantidades de carbono foram verificadas na fração associada aos minerais (COam) em todas as áreas avaliadas, com teores variando de 15,83 a 37,75 g kg<sup>-1</sup>. Enquanto os teores observados para a fração particulada (COp) oscilaram de 0,11 a 0,86 g kg<sup>-1</sup>.

Sistemas avaliados	Profundidade (m)		
	0-0,05	0,05-0,10	0,10-0,20
<b>COp (g kg<sup>-1</sup>)</b>			
<b>A1</b>	0,60 a	0,81 a	0,51 a
<b>A2</b>	0,61 a	0,57 ab	0,45 a
<b>A3</b>	0,67 a	0,38 ab	0,27 ab
<b>A4</b>	0,86 a	0,22 b	0,11 b
<b>CV%</b>	24,66	45,28	42,24
<b>COam (g kg<sup>-1</sup>)</b>			
<b>A1</b>	29,08 b	27,04 a	30,15 a
<b>A2</b>	25,30 b	21,97 ab	17,36 b
<b>A3</b>	22,48 b	19,15 b	17,79 b
<b>A4</b>	37,75 a	21,60 ab	15,83 b

Tabela 1. Carbono orgânico particulado (COP) e carbono orgânico associado aos minerais (Coam) nas áreas com diferentes tempos de restauração florestal, após mineração de bauxita no Baixo Amazonas.

Médias seguidas de mesma letra em cada profundidade (coluna) 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.

Para o COP, não foram verificadas diferenças entre as áreas na profundidade de 0-0,05 m. Na mesma profundidade, para o COam, os maiores teores foram observados na área A4. Evidenciando a presença de carbono em frações mais recalcitrantes da MOS, em função, possivelmente das características inerentes à área de floresta já discutidas para o atributo COT. Os resultados dos atributos COT (Figura 1) e COam (Tabela 1) na presente área apresentaram padrão de similaridade.

Nas profundidades de 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m, os maiores teores de COP foram quantificados na área A1, seguida pelas áreas A2 e A3; e para COam os maiores teores foram verificados na área A1 (Tabela 1). Os resultados de COP e COam, corroboram aos dados de COT (Figura 1) na área sob restauração florestal mais recente. O COP pode ser considerado um bom indicador de qualidade do solo em sistemas de manejos recentes, nos quais as alterações no COT do solo ainda não tenham sido de grande magnitude (Conceição et al., 2005; Nicoloso, 2005). Já o COam nem sempre funciona como um bom indicador na mensuração da qualidade edáfica, uma vez que alterações nos teores desse compartimento da MOS demoram muitos anos para serem observadas (Carmo et al., 2012), em virtude do elevado grau de estabilidade dessa fração física da MOS.

Vale ressaltar, que as frações mais lábeis da MOS são fundamentais para a ciclagem de carbono entre os compartimentos e de nutrientes em curto espaço de tempo, além da sua notável contribuição para a formação e estabilização dos agregados do solo (Santos et al., 2013). Os resultados de COP na área A1, indicam que as práticas empregadas na restauração da área minerada após um ano estão influenciando positivamente na preservação e/ou acúmulo de frações lábeis da MOS em profundidade quando comparado ao ambiente mais estável e equilibrado (floresta). Essas frações orgânicas são essenciais na regulação e manutenção de diversos processos no sistema edáfico.

### 3.3 Carbono Orgânico das Substâncias Húmicas

Na Tabela 2 são apresentados os dados de carbono orgânico das substâncias húmicas da MOS. Os maiores teores de carbono foram quantificados na fração húmica (C-HUM) em todas as áreas avaliadas, variando de 9,80 a 31,11 g kg<sup>-1</sup>. Enquanto os teores verificados para as frações ácido fúlvico (C-FAF) e ácido húmico (C-FAH) oscilaram de 3,19 a 5,96 g kg<sup>-1</sup> para C-FAF e 1,37 a 5,62 g kg<sup>-1</sup> para C-FAH.

Sistemas avaliados	Profundidade (m)		
	0-0,05	0,05-0,10	0,10-0,20
<b>C-HUM (g kg<sup>-1</sup>)</b>			
<b>A1</b>	21,65 ab	18,32 a	21,86 a
<b>A2</b>	19,29 ab	16,22 a	14,11 ab
<b>A3</b>	15,35 b	13,14 a	12,75 b
<b>A4</b>	31,11 a	14,59 a	9,80 b
<b>CV%</b>	26,93	31,15	27,43
<b>C-FAF (g kg<sup>-1</sup>)</b>			
<b>A1</b>	4,96 a	4,59 a	5,04 a
<b>A2</b>	4,95 a	4,65 a	3,19 b
<b>A3</b>	4,77 a	3,73 a	3,33 ab
<b>A4</b>	5,96 a	4,22 a	3,73 ab
<b>CV%</b>	15,92	20,96	22,45
<b>C-FAH (g kg<sup>-1</sup>)</b>			
<b>A1</b>	3,52 ab	2,99 a	3,86 a
<b>A2</b>	3,53 ab	4,86 a	2,98 ab
<b>A3</b>	3,01 b	1,92 a	1,58 b
<b>A4</b>	5,62 a	1,89 a	1,37 b
<b>CV%</b>	28,27	56,23	38,96

Tabela 2. Carbono orgânico total (COT), Carbono na fração ácido fúlvico (C-FAF), carbono na fração ácido húmico (C-FAH) e Carbono na fração humina (C-HUM) nas áreas com diferentes tempos de restauração florestal, após mineração de bauxita no Baixo Amazonas.

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.

Para a fração C-FAF, foram observadas diferenças nos teores de carbono somente na profundidade de 0,10-0,20 m, com maiores teores na área A1. A ausência de diferença significativa de C-FAF observada nas profundidades de 0-0,05 e 0,05-0,10 m entre as áreas pode estar relacionada a essa fração ser muito solúvel e de maior labilidade, assim sua dinâmica de formação e decomposição é mais acelerada em relação as outras frações húmicas da MOS (Fontana et al., 2006).

Em relação as frações C-FAH e C-HUM, nas profundidades de 0-0,05 e 0,10-0,20 m quantificaram-se os teores mais elevados de carbono nas áreas A4 e A1, respectivamente. Elevadas concentrações de C-FAH podem indicar condições ambientais favoráveis a atividade biológica, aumentando a intensidade do processo de humificação, contribuindo assim para a formação de substâncias húmicas com maior grau de condensação, como os ácidos húmicos por exemplo (Stevenson, 1994).

Os dados de carbono das frações húmicas da MOS apresentaram padrão de similaridade com as frações físicas da MOS e COT no que diz respeito as áreas e

profundidades avaliadas. Em síntese, na profundidade de 0-0,05 m, na área de floresta foram quantificados os maiores teores de COT, COam, C-FAH e C-HUM; já na profundidade de 0,10-0,20 m, na área sob restauração mais recente foram observados os maiores teores de COT, COp, COam, C-FAF, C-FAH e C-HUM (Tabela 1 e Figuras 1 e 2). Tais resultados sugerem que as formas e práticas de uso e manejo do solo dessas áreas (naturais e mineradas em recuperação) estão influenciando diretamente na compartimentalização do carbono orgânico. Tornando imprescindível o monitoramento e a avaliação dos impactos pré e pós mineração sobre a qualidade desses ambientes ao longo do tempo.

A revegetação do solo sobre áreas mineradas é uma das medidas mitigadoras mais comuns, utilizada no contexto da recuperação ambiental (Corrêa & Bento, 2010; Barros et al., 2018). Estas ações tem por finalidade tornar a área minerada capaz de suportar um novo uso, garantindo a estabilidade física, química e biológica do ambiente, ou a reconstrução de um ecossistema autossustentável (Sánchez, 2011; Barros et al., 2018).

## 4 | CONCLUSÃO

O processo de restauração florestal nas áreas mineradas, utilizando o método de nucleação, foi capaz de manter e/ou elevar os teores de carbono orgânico total e de suas respectivas frações orgânicas físicas e químicas.

Após pouco mais de um ano de revegetação de área minerada, os níveis de matéria orgânica do solo encontraram-se próximos ou acima dos verificados à área de referência, principalmente quando avaliados em profundidade.

## REFERÊNCIAS

ANTONIASSI J.L. **A Difração de Raios X com o Método de Rietveld Aplicada à Bauxita de Porto Trombetas, PA**. MS Dissertation, Universidade de São Paulo, São Paulo, 111 p. 2010.

BARROS, D. A.; COELHO JUNIOR, M. G.; OLIVEIRA, A. L.; SILVA NETO, E. C. Matéria orgânica e agregação do solo em áreas sobre influência da mineração de bauxita na região do planalto de Poços de Caldas, MG. *Agropecuária Científica no Semiárido*, v. 14, n. 2, p. 160-167, 2018.

BENITES, V. M.; MADARI, B.; MACHADO, P. L. O. A. Extração e fracionamento quantitativo de substâncias húmicas do solo: um procedimento simplificado de baixo custo. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 7p, 2003.

BOULANGÉ C., CARVALHO A. The Bauxite of Porto Trombetas. In: Carvalho A., Boulangé B., Melfi A.J., Lucas Y. (Org.). **Brazilian Bauxites**. São Paulo/Paris, USP/FAPESP/ORSTOM, p. 55-72. 1997.

CAMBARDELLA, C.A.; ELLIOTT, E.T. Particulate soil organic matter changes across a grassland cultivation sequence. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v.56, p.777-783, 1992.

CARMO, F. F.; FIGUEIREDO, C. C.; RAMOS, M. L. G.; VIVALDI, L. J.; ARAÚJO, L. G. Frações granulométricas da matéria orgânica em Latossolo sob plantio direto com gramíneas. *Bioscience Journal*, Uberlândia, v. 28, n. 3, p. 420-431, 2012.

CONCEIÇÃO P. C.; AMADO T. J. C.; MIELNICZUK J. & SPAGNOLLO E. Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 29, p. 777-788, 2005.

CORRÊA, R. S.; BENTO, M. A. B. Qualidade do substrato minerado de uma área de empréstimo revegetada no DF. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, MG, v. 34, n. 4, p. 1435-1443, 2010.

COSTA M.L., CRUZ G.S., ALMEIDA A.D.F., POELLMANN H. On the geology, mineralogy and geochemistry of the bauxite-bearing regolith in the lower Amazon basin: Evidence of genetic relationships. *Journal of Geochemical Exploration*, 146: 58-74. 2014.

Cruz G.S. Bauxita, Horizonte Nodular e Cobertura Argilosa da Região de Paragominas e Juruti, Estado do Pará. MS Dissertation, Universidade Federal do Pará, Pará, 90 p. 2011.

FONTANA, A.; PEREIRA, M. G.; LOSS, A.; CUNHA, T. J. F.; SALTON, J. C. Atributos de fertilidade e frações húmicas de um Latossolo Vermelho no Cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 41, n. 5, p. 847-853, 2006.

KOTSCHOUBEY B., TUCKENBRODT W., CALAF J.M.C. Evolução Geológica da Porção Meridional da Província Bauxitífera de Paragominas durante o Neógeno/Pleistoceno (Noroeste da Bacia do Grajaú, Nordeste do Pará e Extremo Oeste do Maranhão). *Revista Brasileira de Geociências*, 35(2):263-272. 2005.

MARGULIS, S. Causas do desmatamento da Amazônia Brasileira. (Banco Mundial - Trabalho em andamento para discussão pública) Brasília: Estação Gráfica; 2003.

Mendes Filho PF. 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: 11/09/2018.

NICOLOSO, R.S. Dinâmica da matéria orgânica do solo em áreas de integração lavoura-pecuária sob sistema plantio direto. Universidade Federal de Santa Maria, 2005. 150f. (Dissertação de Mestrado).

OLIVEIRA, S.B., DA COSTA, M.L., DOS PRAZERES FILHO, H.J. The lateritic bauxite deposit of Rondon do Pará: A new giant deposit in the Amazon Region, Northern Brazil. *Economic Geology* 111, 1277-1290. 2016.

REIS, D. A.; LIMA, C. L. R.; PAULETTO, E. A. Tensile strength of aggregates and compressibility of a soil built up with cover crops in a coal mining area in Candiota, RS, Brazil. *Rev. Bras. Ciênc. Solo*, Viçosa, 2014, v.38, n. 2, p. 669-678.

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* 26, 1643-1649. 2017.

SANTOS, D. C.; FARIAS, M. O.; LIMA, C. L. R.; KUNDE, R. J.; CLENIO NAILTO PILLON, C. N.; FLORES, C. A. Fracionamento químico e físico da matéria orgânica de um Argissolo Vermelho sob diferentes sistemas de uso. *Ciência Rural*, v. 43, p. 838-844, 2013.

STEVENSON, F. J. *Humus chemistry: genesis, composition, reactions*. 2. ed. New York: John Wiley e Sons, 1994. 496p.

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* 24, 683-688. 2000.

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.

## SOBRE OS ORGANIZADORES

**FELIPE SANTANA MACHADO** - Felipe é professor de ciências e biologia para os ensinos fundamental e médio, bem como leciona gestão ambiental em cursos técnicos. É especialista em Morfofisiologia Animal e Gestão Ambiental, mestre em Ecologia Aplicada e doutor em Engenharia Florestal. Atualmente é professor efetivo de educação básica e tecnológica do Estado de Minas Gerais e também pela prefeitura de São Gonçalo do Sapucaí (MG). Apresenta vínculo funcional com o Programa de Pós Graduação em Engenharia Florestal (PPGEF) da Universidade Federal de Lavras (UFLA). Além de lecionar, atua em estudos de conservação e manejo de animais silvestres, principalmente sobre a relação da vegetação com vertebrados terrestres. Sua experiência profissional gerou uma ampla gama de publicações técnicas e científicas que incluem artigos científicos em revistas nacionais e internacionais, bem como relatórios técnicos de avaliação de impactos ambientais.

**ALOYSIO SOUZA DE MOURA** - Aloysio é Biólogo, mestre em Ecologia Florestal, pelo Departamento de Ciências Florestais (DCF) da Universidade Federal de Lavras (UFLA) com ênfase em Avifauna de fitofisionomias montanas. É observador e estudioso de aves desde 1990, e atualmente doutorando em Ecologia Florestal, pelo Departamento de Ciências Florestais (DCF) da Universidade Federal de Lavras (UFLA) tendo como foco aves e vegetações de altitude. Atua em levantamentos qualitativos e quantitativos de avifauna, diagnóstico de meio-biótico para elaborações de EIA-RIMA. Tem experiência nas áreas de Ecologia e Zoologia com ênfase em inventário de fauna, atuando principalmente nos seguintes temas: Avifauna, Cerrado, fragmentação florestal, diagnóstico ambiental, diversidade de fragmentos florestais urbanos, paisagens montanhosas e interação aves/plantas.



## 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 at a document held by the man. The background shows a dense forest of trees.

 [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
 [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)  
 @atenaeditora  
 [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://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](http://www.atenaeditora.com.br)
  -  [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)
  -  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
  -  [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)