

UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDÔNIA  
CAMPUS ROLIM DE MOURA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROECOSSISTEMAS AMAZÔNICOS

PATRÍCIA CORREIA NASCIMENTO

**AVALIAÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO E ÍNDICE DE RESILIÊNCIA EM  
ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE NA AMAZÔNIA**

ROLIM DE MOURA  
2023

PATRÍCIA CORREIA NASCIMENTO

**AVALIAÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO E ÍNDICE DE RESILIÊNCIA  
EM ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE NA AMAZÔNIA**

Dissertação apresentada ao programa de pós-graduação em Agroecossistemas Amazônicos da Universidade Federal de Rondônia, como parcial para obtenção do título de Mestre em Agroecossistemas Amazônicos, sob Orientação da Profa. Dra. Kenia Michele de Quadros Tronco e Co-Orientação Profa. Dra. Karen Janones da Rocha.

ROLIM DE MOURA  
2023

Catalogação da Publicação na Fonte  
Fundação Universidade Federal de Rondônia - UNIR

---

N244a Nascimento, Patricia Correia.  
Avaliação do uso e ocupação do solo e índice de resiliência em áreas de preservação permanente na Amazônia / Patricia Correia Nascimento. - Rolim de Moura, 2023.

72 f.: il.

Orientador: Profa. Dra. Kenia Michele de Quadros Tronco.

Coorientador: Profa. Dra. Karen Janones da Rocha.

Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-graduação em Agroecossistemas Amazônicos - PPGGAA. Campus Rolim de Moura, Fundação Universidade Federal de Rondônia.

1. Ecossistemas. 2. Regeneração natural. 3. Sustentabilidade. I. Tronco, Kenia Michele de Quadros. II. Rocha, Karen Janones da. III. Título.

Fernando Pessoa (BS05)

CDU 630\*231



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDÔNIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROECOSSISTEMAS AMAZÔNICOS - ROLIM DE MOURA

**PATRÍCIA CORREIA NASCIMENTO**

**FOLHA DE APROVAÇÃO**

**AVALIAÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO E ÍNDICE DE RESILIÊNCIA EM ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE NA AMAZÔNIA**

Defesa de Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas Amazônicos da Universidade Federal de Rondônia como parte dos pré-requisitos para obtenção do título de Mestre em Agroecossistemas Amazônicos. Aprovada no dia 25 de setembro de 2023, pela Banca Examinadora constituída pelos Docentes:

**Profa. Dra. Kenia Michele de Quadros Tronco**

(Orientadora)

Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas Amazônicos/UNIR

**Profa. Dra. Elaine Cosma Fiorelli**

Membro da Banca 1

Departamento de Engenharia Florestal/UNIR

**Prof. Dr. Emanuel Fernando Maia de Souza**

Membro da Banca 2

Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais/UNIR

Rolim de Moura, 25 de setembro de 2023



Documento assinado eletronicamente por **KENIA MICHELE DE QUADROS TRONCO, Docente**, em 23/11/2023, às 14:59, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **EMANUEL FERNANDO MAIA DE SOUZA, Membro da Comissão**, em 23/11/2023, às 17:30, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **ELAINE COSMA FIORELLI, Docente**, em 23/11/2023, às 20:54, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).

---



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site

[http://sei.unir.br/sei/controlador\\_externo.php?](http://sei.unir.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0)

[acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](http://sei.unir.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **1569506** e o código CRC **D67F4799**.

---

A Deus e a quem se faz presente na minha vida,  
dedico!

## AGRADECIMENTOS

À Deus, meu refúgio, fortaleza e socorro bem presente na angústia;

A meus pais por sempre estarem presente, me amar e acolher;

Ao meu irmão, Diogo, por ter me acompanhado e auxiliado em todas as etapas de coleta e análise das amostras de água e solo, desde o primeiro dia para selecionar as áreas até a última coleta e análise;

Ao Matheus por todo apoio e parceria;

A Karoline por toda ajuda;

Aos meus amigos Cleberson, Rogério, Simone e Cleitinho por toda a mão-de-obra voluntária para a coleta de solo, nunca esquecerei a parceria de vocês.

À Profa. Ms. Scheila pelo amparo nas coletas de água.

Ao Robson pela ajuda nas coletas e análise de água, também no apoio às análises estatísticas e geotecnologias.

Ao técnico de laboratórios de solos da Unir, Vinicius, ao Ms. Geremias, e aos alunos David, Lilian, Elmany e Luana pela parceria nas análises das amostras de água e solo.

À UNIR, ao Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas Amazônicos e seus professores por toda a oferta de ensino e apoio;

À Profa. Dra. Kenia e a Profa. Dra. Karen por toda a paciência e orientações excepcionais.

Ao Prof. Dr. Emanuel e a Prof. Dra. Elaine pela contribuição ao trabalho.

O cientista não é o homem que fornece as verdadeiras respostas; é quem faz as verdadeiras perguntas.  
(Lévi-Straus, Claude)



## RESUMO

As Áreas de Preservação Permanente (APPs) são essenciais para proteger recursos naturais, bem como garantir o bem-estar humano, especialmente em bacias que fornecem água às comunidades. O uso de geotecnologias é promissor para monitorar o impacto da colonização na floresta amazônica. A qualidade da bacia hidrográfica depende da interação entre vegetação, solo, clima e práticas de uso da terra. O objetivo deste estudo foi realizar levantamento das características físico-químicas da água, solo, Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e identificar o Índice de Resiliência (IR) da microbacia do rio Manicoré em áreas com diferentes graus de ocupação florestal. As áreas escolhidas foram divididas em: com APP protegidas por mata ciliar, com alto Grau de Ocupação florestal (Floresta), grau de ocupação florestal intermediário (Intermediário), que inclui fragmentos florestais e pastagens, e sem APP preservada (Pastagem). Para analisar a cobertura vegetal, foi utilizada imagem de satélite do Landsat 8 e tratada no software QGIS. Quanto ao solo, foram coletadas amostras nas profundidades de 0-40cm e 40-80cm, totalizando 72 amostras. As coletas de água totalizaram 36 amostras. A análise estatística ocorreu por meio da Análise de Componentes Principais (ACP) para todas as variáveis estudadas. A análise de uso e cobertura do solo mostrou predominância significativa de pastagens, representando 68,17% da área total. Áreas de floresta e vegetação rala compõem 23,01% e 7,71%, respectivamente, enquanto áreas de solo exposto e água ocupam proporções menores (1,01% e 0,10%, respectivamente). Os resultados indicam que as variáveis, Cálcio (Ca) (prof. 0-40 cm); Magnésio (Mg), Acidez Potencial (H + Al), Soma de Bases (SB), Capacidade de Troca Catiônica (CTC), Saturação por Bases (V), Magnésio (Mg%), Argila, Silte (prof. 0-40 e 40-80 cm); Oxigênio Dissolvido (O.D); Temperatura; Condutividade e o NDVI, estão positivamente correlacionadas com a melhoria da qualidade do solo, da água e da vegetação nas áreas estudadas. Isso sugere que o aumento dessas variáveis está associado a condições ambientais mais favoráveis, tais como SB, CTC, e teor de cálcio. A densidade do solo, não se mostrou um bom indicador de degradação, inclusive, em ambas as profundidades estudadas, não houve clara correlação entre a densidade do solo e a degradação ambiental. Isso destaca a importância de considerar tanto aspectos físicos quanto químicos do solo ao avaliar sua qualidade. Os níveis médios de condutividade elétrica da água foram mais elevados em áreas de floresta. As variáveis NDVI, SB (prof.de 40-80cm) e o O.D foram então usadas para calcular o IR

da microbacia do rio Manicoré, devido possuírem maior correlação na ACP. O Índice de Resiliência (IR) variou entre as categorias de uso da terra. Pastagens tiveram o menor IR (média 7,83), vegetação intermediária teve um IR ligeiramente maior (média 9,73), enquanto florestas tiveram o maior IR (média 18,21). Pastagens e vegetação intermediária mostraram baixa resiliência. Esses resultados destacam a importância da preservação das áreas florestais na Amazônia, não apenas para a conservação da biodiversidade, mas também para a manutenção da resiliência dos ecossistemas.

**Palavras-chave:** Ecossistemas. Regeneração natural. Sustentabilidade.

## ABSTRACT

Areas of Permanent Preservation (APPs) are essential to protect natural resources and ensure human well-being, especially in watersheds that supply water to communities. The use of geotechnologies holds promise for monitoring the impact of colonization in the Amazon rainforest. The quality of the watershed depends on the interaction between vegetation, soil, climate, and land use practices. The objective of this study was to survey the physical and chemical characteristics of water, soil, Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), and to identify the Resilience Index (IR) of the Manicoré River micro-basin in areas with different degrees of forest cover. The selected areas were divided into the following categories: those with APP protected by riparian forest, high forest cover (Forest), intermediate forest cover (Intermediate), which includes forest fragments and pastures, and those without preserved APP (Pasture). Satellite imagery from Landsat 8 was used to analyze vegetation cover, processed in QGIS software. Soil samples were collected at depths of 0-40cm and 40-80cm, totaling 72 samples, while water samples amounted to 36 samples. Statistical analysis was conducted through Principal Component Analysis (PCA) for all variables studied. Land use and land cover analysis showed a significant predominance of pastures, representing 68.17% of the total area. Forest areas and sparse vegetation made up 23.01% and 7.71%, respectively, while exposed soil and water occupied smaller proportions (1.01% and 0.10%, respectively). The results indicate that variables such as Calcium (Ca) (0-40 cm depth), Magnesium (Mg), Potential Acidity (H + Al), Sum of Bases (SB), Cation Exchange Capacity (CTC), Base Saturation (V), Magnesium (Mg%), Clay, Silt (0-40 cm and 40-80 cm depth), Dissolved Oxygen (O.D), Temperature, Conductivity, and NDVI are positively correlated with soil, water, and vegetation quality improvement in the studied areas. This suggests that an increase in these variables is associated with more favorable environmental conditions, such as SB, CTC, and calcium content. Soil density did not prove to be a good indicator of degradation, and there was no clear correlation between soil density and environmental degradation at both depths studied. This highlights the importance of considering both physical and chemical aspects of soil when assessing its quality. The average levels of water electrical conductivity were higher in forested areas. The variables NDVI, SB (40-80 cm depth), and O.D were then used to calculate the Resilience Index (IR) of the Manicoré River micro-basin, as they showed the highest correlation in the PCA. The Resilience Index (IR) varied among land use categories.

Pastures had the lowest IR (average 7.83), intermediate vegetation had a slightly higher IR (average 9.73), while forests had the highest IR (average 18.21). Pastures and intermediate vegetation exhibited low resilience. These results highlight the importance of preserving forested areas in the Amazon, not only for biodiversity conservation but also for maintaining ecosystem resilience.

**Keywords:** Ecosystems. Natural regeneration. Sustainability.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>15</b>
2.1. BIOMA DA AMAZÔNIA .....	15
2.2. OCUPAÇÃO TERRITORIAL DE RONDÔNIA .....	16
2.3. DESFLORESTAMENTO DO BIOMA AMAZÔNIA .....	18
2.4. ROLIM DE MOURA-RO .....	21
2.5. SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS .....	22
2.6. ÍNDICE DE RESILIÊNCIA .....	27
<b>3. OBJETIVO GERAL .....</b>	<b>30</b>
<b>4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....</b>	<b>30</b>
<b>5. CAPÍTULO I - CARACTERIZAÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO EM ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE NA MICROBACIA DO RIO MANICORÉ .....</b>	<b>31</b>
5.1. INTRODUÇÃO .....	32
5.2. MATERIAL E MÉTODOS .....	33
5.3. RESULTADOS .....	37
5.4. DISCUSSÃO.....	48
5.5. CONCLUSÕES.....	50
<b>6. CAPÍTULO II - ÍNDICE DE RESILIÊNCIA EM ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE NA MICROBACIA DO RIO MANICORÉ ..</b>	<b>51</b>
6.1. INTRODUÇÃO .....	52
6.2. MATERIAL E MÉTODOS .....	53
6.3. RESULTADOS .....	55
6.4. DISCUSSÃO.....	58
6.5. CONCLUSÕES.....	59
<b>7. CONCLUSÃO GERAL .....</b>	<b>59</b>
<b>8. REFERÊNCIAS .....</b>	<b>60</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A Amazônia, com sua riqueza em biodiversidade e vastas extensões de florestas tropicais, ocupa uma posição única no planeta. Ela abrange 7% da superfície da Terra, abrigando cerca de metade da biodiversidade mundial. Diante de tal importância, a preservação desse ecossistema é uma questão que transcende fronteiras nacionais e é influenciada por fatores políticos, econômicos, socioculturais e biológicos (VIEIRA et al., 2005; MIGUEL, 2007).

Esta região é lar de aproximadamente 40 mil espécies de plantas vasculares, com 30 mil delas sendo exclusivas da Amazônia. A vegetação varia, abrangendo desde florestas ombrófila densa a florestas estacionais, sendo influenciada por gradientes hidrológicos (MITTERMEIER et al., 2003; MARIATH; SANTOS, 2006). No Estado de Rondônia, onde o bioma Amazônia cobre a maior parte do território, diferentes tipos de vegetação coexistem, cada um com seu valor ecológico único (FERNANDES; GUIMARÃES, 2001).

No entanto, a biodiversidade da Amazônia enfrenta ameaças significativas devido ao desflorestamento e consequente degradação, que começou a ganhar impulso na década de 1970, quando mais de 10 milhões de hectares haviam sido perdidos (PRATES; BACHA, 2011). O desmatamento está intrinsecamente ligado ao desenvolvimento regional, expansão das atividades agropecuárias, infraestrutura e crescimento populacional. A preocupação global com a Amazônia também está enraizada em seu potencial natural, incluindo recursos minerais e hídricos. Diante do exposto, a gestão sustentável desses recursos é essencial para o futuro da região (AMIN, 2015).

Situado dentro deste bioma, o estado de Rondônia teve ocupação acelerada, iniciada nos anos 1970, impulsionada por incentivos fiscais, financiamentos e baixos preços das terras. A construção da BR-364 e a exploração mineral contribuíram para mudanças demográficas significativas na região (COSTA, 1997). Embora a Amazônia abrigue a mais vasta diversidade de fauna e flora do mundo, está enfrentando um desafio crescente com o desflorestamento, cujas consequências afetam não apenas esse bioma singular, mas também o meio ambiente como um todo. O impacto se estende à qualidade e quantidade de recursos hídricos e do solo, afetando diretamente a vida dos habitantes da região, exemplificado pela microbacia do rio Manicoré. Essa microbacia tornou-se uma fonte vital de abastecimento de água para a cidade de Rolim de Moura,

especialmente durante a estação seca, uma vez que o Igarapé D'Alincourt não conseguia suprir plenamente as necessidades da comunidade.

A justificativa deste estudo é devido a preservação da Amazônia e de suas microbacias, como a do rio Manicoré, fundamental para o abastecimento de água de cidades como Rolim de Moura. A manutenção das Áreas de Preservação Permanente (APP) desempenha um papel crucial nesse aspecto. Além disso, a Amazônia oferece serviços ecossistêmicos essenciais, que podem ser agrupados em quatro categorias: suporte, provisão, regulação e serviços culturais (MILLENIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2003). A vegetação ripária é importante na proteção das margens dos rios e na manutenção desses serviços. Neste contexto, a criação de um índice de resiliência se mostra uma ferramenta valiosa para o planejamento e gestão sustentável das bacias na Amazônia. Entretanto, identificar os fatores que influenciam a qualidade e a disponibilidade de água é um processo complexo que requer a utilização de indicadores e, para isso, é essencial realizar uma caracterização abrangente da região por meio de tecnologias geoespaciais e análise de solo da microbacia.

Portanto, a aplicação de tecnologias e a análise criteriosa de seus resultados emergem como ferramentas para estratégias de conservação e manejo sustentável na microbacia do rio Manicoré. É imperativo que continuemos a investir em medidas que protejam a Amazônia, garantindo assim a perpetuação de sua inestimável biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos que ela oferece ao mundo.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1. BIOMA DA AMAZÔNIA

A Amazônia é a região com maior biodiversidade do planeta (VIEIRA et al., 2005), possuindo a maior extensão de florestas úmidas e a maior floresta tropical do mundo, representa 7% da superfície da terra e segundo estimativas abriga cerca de 50% da biodiversidade mundial (MIGUEL, 2007). A proteção da biodiversidade é tema recorrente em eventos nacionais e internacionais, sendo observado elementos de cunho político-econômicos, socioculturais e biológicos associados à utilização dos serviços da floresta Amazônica (LAVILLA, 1996 apud AMIN, 2015).

A Pan-Amazônia, sendo um bioma internacional, representa a maior floresta tropical e bacia hidrográfica do mundo. Embora os países da região estejam progressivamente conscientes da necessidade de integrar suas áreas mais ativas às zonas florestais, eles enfrentam dificuldades na busca por soluções conjuntas para os desafios comuns. Apesar da presença de uma organização internacional, a Organização do Tratado de Cooperação Amazônica (OTCA), que visa diminuir as disparidades entre os países membros e dentro deles, promovendo a cooperação para o desenvolvimento sustentável da Região Amazônica e o bem-estar de seus habitantes (PENNA FILHO, 2013; OTCA, 2023).

Apesar da pressão internacional, o Brasil era o único país amazônico que planejou e executou uma política de ocupação e exploração da região, tendo aumentado consideravelmente a presença do Estado na chamada Amazônia Legal. Atualmente existem investimentos em diversos setores sendo executados em países como Colômbia, Peru e Bolívia, além do Brasil. Vale lembrar que as inversões na Pan-Amazônia levam a algum grau de impacto ambiental, em sua maioria (PENNA FILHO, 2013).

Os termos Amazônia, Pan-Amazônia, Amazônia Sul-Americana, Região Amazônica ou Grande Amazônia, podem ser utilizados para descrever o território da Amazônia, possuindo suas peculiaridade (REY et al., 2004), com mais de 7 milhões de km<sup>2</sup> de superfície, que integra territórios de oito países e um departamento francês, conforme divisões administrativas, a região é compartilhada por Brasil (67,98%), Peru (10,14%), Colômbia (6,40%), Equador (1,55%), Bolívia (5,31%), Venezuela (2,45%), Guiana (2,87%), Suriname (2,18%) e Guiana Francesa - departamento ultramarino francês (1,12%) (ARAGÓN, 2018).



A Amazônia brasileira, a nível de legislação, conforme a Lei Nº 12.651, de 25 de Maio de 2012, compreende estados do norte, algumas partes do centro-oeste e nordeste, sendo compreendida por “Amazônia Legal” os Estados do Acre, Pará, Amazonas, Roraima, Rondônia, Amapá, Mato Grosso e as regiões situadas ao norte do paralelo 13° S, dos Estados de Tocantins e Goiás, e ao oeste do meridiano de 44° W, do Estado do Maranhão (BRASIL,2012) cobre mais de 5 milhões de km<sup>2</sup> do território nacional.

Com o objetivo de definir a delimitação geográfica da região política de atuação da Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia – SUDAM, foi instituída a Amazônia Legal, com a finalidade de promover o desenvolvimento sustentável (IBGE, 2023a) para ser uma unidade de planejamento do território nacional (PRATES; BACHA, 2011). Dividida em duas partes, a Amazônia Ocidental abrangendo os estados do Amazonas, Acre, Rondônia e Roraima, e a Amazônia Oriental formada pelos estados do Pará, Maranhão, Amapá, Tocantins e Mato Grosso (IBGE, 2023b).

A fitofisionomia desse bioma é refletida nas espécies florestais, onde abriga aproximadamente quarenta mil espécies vasculares de plantas, sendo trinta mil endêmicas à região (MITTERMEIER et al., 2003), cobrindo dois terços do Estado de Rondônia (MARIATH; SANTOS, 2006). No Estado de Rondônia, a floresta mais predominante de vegetação, é a Floresta Ombrófila Aberta, com 55% de ocorrência, as demais Floresta de Transição ou Contato, Cerrado, Floresta Ombrófila Densa, Formação Pioneira, Floresta Estacional Semidecidual e Campinarana, que ocorre como pequenas manchas e aleatória (FERNANDES; GUIMARÃES, 2001). As espécies florestais na Amazônia não são amplamente distribuídas, estando restritas, o que leva a perda irreversível da biodiversidade em consequência do desflorestamento (CRACRAFT, 1985).

## **2.2. OCUPAÇÃO TERRITORIAL DE RONDÔNIA**

A ocupação de Rondônia começou por volta de 1970 através de um movimento nacional para possibilitar e dar subsídios na ocupação e expansão das terras. A população através de uma rápida acumulação de capital optou pela fronteira amazônica devido aos incentivos fiscais, financiamentos, apropriação de terras com altos preços e possibilidades de exportações (COSTA, 1997). O marco dessa ocupação foi a abertura da BR-364, com os ciclos da exploração mineral, principalmente pela substituição das florestas nativas, que acelerava a mudança demográfica do estado, a partir do ano de 1970. Além da implantação de projetos de assentamento de agricultores no campo e ao longo da BR-

364, que caracteriza mais uma forma de ocupação das terras do estado (BARTHOLO JÚNIOR; BURSZTYN, 1999).

A exploração madeireira tornou-se fator importante das invasões de áreas indígenas nos Estados de Rondônia, Acre e parte ocidental do Amazonas. As estradas para a exploração madeireira funcionam como vias de penetração para posseiros que desmatavam na esperança de assegurar a posse da terra. Imagens de satélite (sensor AVHRR - NOAA) mostraram que as queimadas em 1987 continham áreas de reservas indígenas, como a dos Pacaás Novos, Tubarões e Lajes (FEARNSIDE, 1991).

A Amazônia atrai as atenções nacionais e internacionais, pelas riquezas naturais regionais do subsolo e o enorme potencial hídrico. O que tem preocupado o mundo sobre a forma como esses recursos naturais poderiam ser aproveitados de forma sustentável (AMIN, 2015). Em 1980, o governo decidiu rever drasticamente suas ações na região Amazônica, pretendendo reduzir as despesas públicas. O que resultou na concentração de recursos em poucas e selecionadas áreas com o intuito de fomentar as exportações da região, surge o plano POLONOROESTE, implementado em 1982, em Rondônia e no norte do Mato Grosso (PRATES; BACHA, 2011). A estratégia do plano era a busca de um equilíbrio social e ambiental, com ações de restrição à ocupação de solos inadequados, e medidas de atração de colonos para solos com potencialidade agrícola e florestal. Sua execução foi dividida em três etapas: I. Pavimentação da BR-364; Combate à malária e instalação de postos de saúde; Desenvolvimento agrícola e proteção ambiental. Na etapa II. Áreas de assentamento em Mato Grosso e III. Novos planos de assentamento em Rondônia (GOVERNO DE RONDÔNIA, 1989).

Posteriormente foi implantado o Plano Agropecuário e Florestal de Rondônia - PLANAFLOORO, financiado pelo Banco Mundial durante os anos 90, tinha como objetivo principal o manejo dos recursos naturais no estado (RODRIGUES, 2002), além da consolidação do Zoneamento Socioeconômico e Ecológico, buscando soluções para interromper o processo de desflorestamento, viabilizar a ocupação de áreas já desmatadas, recuperar áreas, implantar um modelo para ocupação nacional e econômica, não predatória na região Amazônica e melhorar as condições de vida dos habitantes rurais (GOVERNO DE RONDÔNIA, 1989). O resultado da avaliação do projeto PLANAFLOORO apresenta que os objetivos específicos não foram plenamente alcançados, com exceção do componente infraestrutura, mostra ainda a necessidade do manejo sustentável dos recursos naturais e mais respeito pela natureza, para garantir a

continuidade do desenvolvimento econômico, redução da pobreza e das desigualdades sociais (FERREIRA et al., 2006).

Instalou-se em Rondônia, um modelo de uso dos recursos naturais, como o aproveitamento das espécies comerciais e seus usos naturais, o que favorecia a depauperação das florestas e, conseqüentemente, surgia os processos degradativos ambientais, como a erosão do solo, lixiviação, diminuição da biodiversidade, entre outros (BENTES-GAMA, 2005). Para tentar sanar os problemas causados pelo uso dos recursos naturais, houve iniciativas como o Zoneamento Socioeconômico e Ecológico do Estado de Rondônia – ZSEE, de 1988.

Anos mais tarde, o estudo do ZSEE gerou a Segunda Aproximação do Zoneamento Socioeconômico e Ecológico do Estado de Rondônia, aprovado pela Lei Complementar n° 233, de 06 de junho de 2000. Posteriormente, alterada pela Lei Complementar n° 312, de 06 de maio de 2005 (SEDAM, 2010) e utilizada até hoje, em muitos projetos ambientais e de financiamentos rurais. O estado de Rondônia, possui área de 237.765,34 km<sup>2</sup>, com uma população estimada em 1.815.278 habitantes no ano de 2021 (IBGE, 2022), dos 52 municípios do estado, Rolim de Moura se destaca por ser um importante polo regional e o município mais populoso e economicamente ativo da Zona da Mata rondoniense (OLIVEIRA, 2017), possui 1.481,50 km<sup>2</sup> e encontra definida pela Subzona 1.1 do ZSEE, que trata regiões com intensa ocupação (SEDAM, 2010).

### **2.3. DESFLORESTAMENTO DO BIOMA AMAZÔNIA**

A ocupação territorial da Amazônia é marcada por quatro processos, ao final do século XIX: I. A influência internacional, por meio da produção e exportação da borracha; II. Por intervenções do governo federal; III. O Estado Nacional fazendo uso da região para planejamento territorial e IV. Caracterizado pela conjugação de ações estatais. O governo federal, para estimular as atividades econômicas da região, instituiu políticas de incentivos fiscais e de linhas de crédito. A implantação de grandes projetos agropecuários apoiados por incentivos fiscais passou a existir no sul do Estado do Pará e no norte do Estado de Mato Grosso, estimulando a ocupação da região e aprofundando a retirada da cobertura florestal. As construções das rodovias PA-70, entre a cidade de Marabá e a rodovia Belém-Brasília e a Transamazônica (BR-230) criaram um eixo de desflorestamento em porções centrais da floresta. Além disso, as políticas promovidas pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) também contribuíram para a retirada da cobertura nas áreas de assentamento ao longo das

principais rodovias que cortam a região, principalmente nos estados de Rondônia, Mato Grosso e Pará (PRATES; BACHA, 2011).

As taxas dos picos de desflorestamento (PRATES; BACHA, 2011) mostra a área desflorestada para os estados que compõem a Amazônia Legal no período de 1990 a 2005, exibindo diferença da área desflorestada entre os estados. Assim, os autores, dividiram a região em dois grupos, sendo os estados pouco desmatados: Acre, Amapá, Amazonas, Maranhão, Roraima e Tocantins, que compreenderam cerca de 16% de todo o desflorestamento na região Amazônica; e os estados bastante desmatados: Mato Grosso, Pará e Rondônia. O estado do Mato Grosso totalizou 12,3% do seu território. O estado do Pará em sequência com 7,3% do seu território. Por fim, o estado de Rondônia, teve 18% do seu território desflorestado de 1990 a 2005, levando em consideração a dimensão territorial, Rondônia teve a menor participação, pois sua dimensão territorial é bem menor quando comparada com Mato Grosso e Pará.

O padrão de desflorestamento da floresta na Região Amazônica está ligado a fatores como o desenvolvimento regional, expansão de atividades produtivas, construção e pavimentação de estradas ou outras melhorias em infraestrutura, crescimento populacional, o crescimento da pecuária e da agricultura. O avanço do desflorestamento se dá a partir de 1970 onde inicia o questionamento sobre o desmatamento na Amazônia, devido à constatação de problemas ambientais, quando mais de 10 milhões de hectares haviam sido desflorestados. O desmatamento começou a se intensificar na região, alcançando cerca de 10% de área da floresta desmatada nos anos de 1980 (PRATES; BACHA, 2011).

A Amazônia teve a maior taxa de crescimento urbano no país nas décadas de 60 a 90 e organizou-se a sociedade como nunca se verificou. Nos anos de 1970, o que sustentou a fronteira foram os incentivos fiscais e a migração generalizada do país inteiro. No início dos anos 2000, a migração dominante foi intrarregional, e rural-urbana (exceção ao estado de Mato Grosso, que continuou atraindo população de fora, principalmente do Sul e do Nordeste). Os grandes conflitos de terras e de territórios desse período constituíram em aprendizado político e, na década de 1990, transformaram-se em projetos alternativos, com base na organização da sociedade civil (BECKER, 2005).

Planejar um sistema de gestão territorial para a Amazônia é um grande desafio científico, que leva em conta a conservação de seus recursos naturais, desenvolvimento social e econômico dos habitantes nesta região. A colonização da Amazônia a partir do final da década de 1960 foi marcada pelo processo violento de ocupação e degradação

ambiental característica das “economias de fronteira” (BECKER, 2005). As vistas ecossistêmicas do desmatamento mostram que os custos ambientais deste processo, com seus quase 600 mil km<sup>2</sup> de ecossistemas naturais modificados até os anos 2000, são maiores que os limitados benefícios sociais gerados por essas atividades. A perda de biodiversidade é a principal consequência do desflorestamento na Amazônia, situação irreversível, pois sempre é possível evitar a erosão dos solos, recuperar corpos d’água e ciclagem de nutrientes utilizando sistemas ecológicos simplificados, mas é impossível trazer de volta espécies extintas (VIEIRA et al., 2005).

Dados do Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE, gerados em 07 de junho de 2023, mostram que a Amazônia possui 34,2% de focos de desflorestamento por queimadas, em comparação aos outros biomas do país, onde nesta data o bioma Cerrado possui a maior porcentagem de focos (41,8%), foram detectados pelo satélite de referência 5.647 focos no bioma Amazônia. É observável que a sociedade enfrenta grandes desafios para conciliar desenvolvimento e conservação na Amazônia, principalmente nas últimas décadas, período de maior exploração agrícola e pecuária.

Outro problema ambiental que tem ocorrido é a instalação de pessoas nas Áreas de Preservação Permanente (APP) da região Amazônica, sem planejamento ou conhecimento que acabam provocando a degradação da APP (COVRE, 2010). Segundo a lei de proteção da vegetação nativa, chamada de legislação florestal e definida na Lei n. 12.651/2012, a APP é uma área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, têm como função ambiental a preservação dos recursos hídricos, da paisagem, da estabilidade geológica e da biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas (BRASIL, 2012). E, diante desse cenário o proprietário da área em que há APP deve se adequar a legislação ambiental vigente, para que isso ocorra, o mesmo precisa procurar uma assistência técnica especializada, pois para recuperar uma área degradada há necessidade de se fazer todo um estudo envolvendo diversos fatores, como a qualidade do solo, a qualidade da água, o tipo de vegetação e a relação entre eles.

Há potencial do uso das geotecnologias para monitoramento do impacto da colonização na floresta nativa em microbacias na Amazônia Ocidental, as causas do desflorestamento são principalmente relacionadas à implementação de sistemas pecuários. O que eleva a contaminação da água por coliformes fecais provenientes da urina e fezes animais, além do livre acesso do gado às margens dos rios aumentam os processos erosivos e de assoreamentos dos canais, ocasionando picos de enchentes na

época das chuvas e escassez hídrica na época da seca. Dessa forma, o desflorestamento da cobertura florestal nativa foi crescente de 1987 até o ano de 2017, chegando a 73,23% da microbacia e 70,90% da área de mata ciliar do rio Enganado, localizado em Rondônia (MORETO et al., 2021).

#### **2.4. ROLIM DE MOURA-RO**

A partir de 1976 em face da intensa ocupação espontânea de terras ao sul da BR criou-se o setor Rolim de Moura, com 21.169 lotes, reduzindo-se a ação estatal à abertura do eixo viário central e à demarcação dos lotes (BECKER, 1997). Em 1975 o INCRA fazia entrega dos primeiros lotes de terras a agricultores excedentes de Cacoal, a partir do PIN - Programa de Integração Nacional e do Projeto Integrado de Colonização, em especial ao PIC Gy – Paraná, localizado ao longo da BR 364, onde hoje pertence ao município de Cacoal. A ocupação do setor Rolim de Moura, se deu de forma intensa e acelerada, às margens do rio Anta Atirada (PEREIRA, 2017).

A Vila de Rolim de Moura foi elevada à categoria de município através do Decreto-Lei Estadual nº 71, de 5 de agosto de 1983, desmembrado da área de Cacoal (TJRO, 2022). Sua emancipação foi conforme os interesses econômicos e políticos vinculados ao projeto de colonização agrícola e exploração de madeira. Ao se tornar município, Rolim de Moura geraria benefícios econômicos e sociais para Rondônia. Atualmente, Rolim de Moura possui 1.804,4 quilômetros de extensão, faz divisa com os municípios Castanheiras ao Norte, Santa Luzia D'Oeste e Alta Floresta D'Oeste ao Sul, Pimenta Bueno, São Felipe e Cacoal a Leste, Novo Horizonte D'Oeste a Nordeste e está localizado na Região Centro-Sul do Estado (PEREIRA, 2017).

Ocorreu aumento no índice de desmatamento da vegetação nativa da microbacia do rio Manicoré, localizado no município de Rolim de Moura - RO, nos anos de 1985 a 2005, com 39,4% e 82,2% respectivamente, aumento de 42,8% de área antropizada, principalmente pelo avanço da agropecuária. Porém entre os anos de 2005 e 2015, houve queda de 2,8% dessa supressão, devido ao incentivo do plantio de espécies florestais madeireiras e ao projeto de recuperação das matas ciliares do rio D'Alincourt, próxima a área de estudo, que também repercutiu para as áreas da microbacia do rio Manicoré. O projeto em questão incentivou os proprietários a recuperarem as áreas de preservação permanente (APP) que se situavam em suas propriedades, com a implantação de espécies florestais e cercando a APP para que não houvesse interferência do rebanho nessas localidades e impedissem o crescimento das árvores (VENDRUSCOLO et al., 2019).

O impacto da colonização na Zona da Mata Rondoniense, observado através de imagens do satélite (Landsat 5) a fim de mensurar o desflorestamento de áreas florestadas, áreas antropizadas, cerrados, campos, e água resultaram no desflorestamento de 38,4% da área de floresta, e 27,9% das áreas de cerrado e campo, nos anos de 1985 a 2011, não sendo maior devido a presença de reservas e áreas indígenas que por lei são protegidas. Os municípios que apresentaram maior antropização foram Rolim de Moura, Novo Horizonte D'Oeste, Santa Luzia D'Oeste, Nova Brasilândia e Castanheiras, respectivamente (SCHMIDT et al., 2015).

O clima da região de Rolim de Moura é do tipo Aw (BECK et al., 2018) e a hidrografia do município é formada pelos rios Anta Atirada, Pardo, Palha, Bamburro, São Pedro ou Rolim de Moura, D'Alincourt (SOUZA; SILVEIRA, 2021) e Manicoré (VENDRUSCOLO et al. 2019), que fazem parte da bacia hidrográfica do Rio Machado que por sua vez converge na grande Bacia Amazônia, após desaguar no Rio Madeira (DE PAULA et al., 2016).

A microbacia do rio Manicoré possui perímetro de 52,56 km, altitude mínima de 225 m e máxima de 440 m. O relevo da microbacia é predominantemente ondulado, porém há ocorrência de relevos planos e montanhosos, possui 237 nascentes e padrão de drenagem dendrítico de 5ª ordem (VENDRUSCOLO et al., 2019). Esta microbacia começou a fornecer água à população da cidade de Rolim de Moura, visto que o Igarapé D'Alincourt não estava sendo suficiente para o abastecimento total da cidade, logo a companhia de águas do município começou a fazer uso do rio Manicoré. Dessa forma, para se obter esse benefício, há necessidade de evitar o desmatamento e manter preservadas as Áreas de Preservação Permanente (APP), para que não haja interrupção no fornecimento de água.

## **2.5. SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS**

Os serviços ecossistêmicos são os benefícios que as pessoas obtêm dos ecossistemas para seu bem-estar e desenvolvimento. Podendo ser classificados em quatro tipos principais: suporte, provisão, regulação e serviços culturais. Os serviços de suporte são os serviços necessários para a produção de todos os outros serviços dos ecossistemas como a formação do solo, ciclos de nutrientes e produção primária. Os serviços de provisão são produtos obtidos dos ecossistemas, como comida, água potável, combustível, fibras, compostos bioquímicos e recursos genéticos. Os serviços de regulação são os benefícios obtidos através da regulação dos processos ecossistêmicos,

como a regulação do clima, regulação de doenças, regulação da água e purificação da água. Os serviços culturais são benefícios não materiais obtidos dos ecossistemas, sejam eles espirituais e religiosos, recreação e turismo, estéticos, inspiradores, educacionais, sensação de lugar e herança cultural (MILLENIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2003).

As funções do ecossistema são mais bem concebidas como um subconjunto de processos ecológicos e estruturas do ecossistema, resultado de processos naturais decorrentes de interações complexas entre os componentes bióticos (organismos vivos) e abióticos (químicos e físicos) dos ecossistemas por meio do fluxo de matéria e da energia (DE GROOT et al., 2002). Os serviços ecossistêmicos encontrados na microbacia do rio Manicoré se enquadram nos quatro tipos principais. Os serviços de suporte com a formação e fertilidade dos solos; manutenção da biodiversidade e ciclos biogeoquímicos. Os serviços culturais: possuem valor científico. Os serviços de provisão: a microbacia dispõe de água para o abastecimento. Serviços de regulação: quantidade e qualidade de água; regulação da qualidade do ar e regulação do clima local (DECHOUM & ARELLANO, 2016).

A Lei N. 4.437, de 17 de dezembro de 2018, institui a Política Estadual de Governança Climática e Serviços Ambientais - PGSA e cria o Sistema Estadual de Governança Climática e Serviços Ambientais - SGSA, no âmbito do Estado de Rondônia. Define como serviços ecossistêmicos aqueles realizados naturalmente, fundamentais à vida e geradores de benefícios relevantes para a sociedade em termos de manutenção, recuperação ou melhoria das condições ambientais dos ecossistemas; os serviços ambientais são as iniciativas individuais ou coletivas que podem favorecer a manutenção, a recuperação ou a melhoria dos serviços ecossistêmicos.

Serviços ecossistêmicos estão relacionados aos benefícios gerados às pessoas, obtidos pelos ecossistemas. Os serviços ambientais, são os benefícios gerados pela intervenção humana, ligados à qualidade de vida das pessoas associados à adoção de práticas de manejo de recursos naturais, (SOUZA et al., 2016). Há vários tipos de serviços ambientais como, aqueles associados a práticas de conservação do solo e de conservação e restauração florestal para a proteção de recursos hídricos nas propriedades rurais, proporcionando a diminuição de erosão e infiltração de água. Estudos realizados a nível de microbacia, através de sistemas de informações geográficas para uso do solo e cobertura vegetal, a partir da geração de mapa temático como forma de detecção de áreas prioritárias para pagamento por serviços ambientais, nota-se que é viável o uso das



geotecnologias podendo ser aplicada na tomada de decisão de pesquisas e políticas públicas para projetos de PSA em bacias hidrográficas, microbacias e propriedades (ROSA et al., 2016).

Dentre os locais que apresentam como finalidade a prestação dos serviços ecossistêmicos, estão as áreas de preservação permanente. Se a APP estiver desflorestada e degradada, ocorre a perda desses serviços prestados por essa faixa de vegetação (BORGES FILHO et al., 2015). Atividades florestais podem gerar renda adicional e serviços ambientais, considerando que as microbacias são utilizadas para captação de água (FERNANDES, 2009). Dentre os serviços ambientais gerados pelas florestas, destacam-se: a regulação da disponibilidade e da qualidade das águas, a estabilidade térmica, a redução da concentração de poluentes atmosféricos, a captura de CO<sub>2</sub>, a ciclagem de nutrientes e a própria conservação do solo (BOCHNER, 2007).

A Bacia Amazônica é o maior sistema fluvial do mundo, com 6.400.000 km<sup>2</sup> de extensão, compartilhado entre nove países e é a maior reserva de água doce do planeta, aproximadamente 5.000.000.000 km<sup>2</sup> está em território brasileiro (YAHN FILHO, 2005). A qualidade da bacia dependerá da vegetação, solo, clima, manejo do solo, práticas de uso da terra e a interação entre eles (TOMER; SCHILLING, 2009). E vem sendo estudada por diversos pesquisadores motivados pela preocupação com o desflorestamento da floresta amazônica, com a qualidade e quantidade dos recursos hídricos e com os possíveis impactos sobre o clima local e global.

A água por si só é inodora, insípida, incolor e transparente. Ela adquire o cheiro, o gosto e a cor de substâncias nelas dissolvidas. Isso ocorre porque a molécula de água é uma substância polar, assim consegue dissolver outras substâncias (STACHIW, 2017). A qualidade adequada ao consumo humano se torna cada vez mais escassa, e a fragilidade dos ciclos naturais responsáveis pela renovação e disponibilidade da água. A consequência está no crescimento impetuoso das atividades urbanas e agropecuárias, comprometendo a qualidade da água. A alternativa técnica e econômica está no controle efetivo dos fatores e processos que levam à contaminação da água (RESENDE, 2002).

Para se entender a relação floresta-água, deve-se conhecer o ciclo hidrológico da floresta. A chuva se precipita, seguindo diversos caminhos na floresta, a água que chega ao solo, uma parte vai para o escoamento superficial que chega aos cursos d'água e outra parte fica infiltrada no solo para compor as águas subterrâneas ou ocorre a evapotranspiração (SOSMA, 2003). A conservação do solo e da água é importante para a gestão dos recursos hídricos, garantida a partir de conjuntos de medidas que visam

aumentar a quantidade de água disponível, como a redução dos processos erosivos e o volume de efluentes lançados nos rios (SANTOS; ROMANO, 2005). As remoções de matas ciliares contribuem para o assoreamento, aumentando a turbidez das águas, ocasionando desequilíbrio nas cheias, a erosão das margens de grande número de cursos d'água, comprometem a fauna silvestre (DONADIO et al., 2005).

A biogeoquímica de pequenas bacias como uma ferramenta para pesquisa ambiental, mostra que a mata ciliar auxilia na remoção de nitrato da água, devido às transformações bioquímicas de bactérias desnitrificadoras que estão presentes em áreas da zona ripária e à absorção pelas raízes da vegetação ciliar (MOLDAN; CERNY, 1994). Estes desequilíbrios podem ser vistos pela ausência da vegetação ciliar nos canais fluviais, acarretando prejuízo socioambiental, reflexo da forma de uso da terra, e sua dinâmica espelha de maneira indireta as condições naturais e as atividades humanas desenvolvidas na bacia hidrográfica (CUNHA, 2008).

No Brasil, as Normas e Padrões de Potabilidade da água estão de acordo com as estabelecidas pelo Ministério da Saúde, através da Portaria n° 2.914 de 12 de dezembro de 2011 (MS, 2011). As análises efetuadas para avaliar a qualidade da água devem ser feitas a partir de técnicas e procedimentos que precisam ser cuidadosamente desenvolvidos, avaliados e que tenham os níveis de sensibilidade requeridos. Os valores de pH são considerados como um bom indicador de fontes poluidoras. Quando as águas apresentam um caráter levemente ácido no período chuvoso associado aos valores mais altos de nitratos e parâmetros microbiológicos, indicam um maior conteúdo orgânico, e conseqüentemente, uma maior demanda de ácidos para a decomposição desta carga orgânica (FUNASA, 2006). A temperatura e o pH são grandezas inversamente proporcionais, sendo que conforme a temperatura aumenta, o pH diminui (CARVALHO et al., 2011). A temperatura corresponde a uma medida de intensidade de calor da água (RICHTER; NETTO, 1991). Influência nos processos biológicos, nas reações químicas e bioquímicas que ocorrem na água e tais como, a solubilidade dos gases dissolvidos e sais minerais, por isso é importante conhecer a variação da temperatura (BLANK et al., 2010).

Diversos estudos têm demonstrado uma relação direta entre uso do solo, cobertura vegetal e as variações na qualidade da água. O uso do solo influencia na qualidade da água, principalmente através dos nutrientes, material orgânico e sólidos (OKUMURA et al., 2020). O uso e cobertura do solo nas áreas de entorno de um curso d'água, possui estreita ligação com a qualidade da água. Usos antropogênicos como a urbanização e atividades agrícolas, diminuem a cobertura de vegetação nativa, podendo causar a

degradação de habitats, aumento de sedimentos, alterações hidrológicas, oscilações na temperatura da água e na disponibilidade de nutrientes em ecossistemas aquáticos (NERBONNE; VONDRACEK 2001, apud SANTOS et al., 2017).

É perceptível o papel da vegetação ripária na proteção das margens, como demonstrado pela relação entre turbidez e a porcentagem de área agrícola que é superior no buffer ripário. Entre as escalas de análise (sub-bacia, ripário e local) do estudo sobre as relações entre a qualidade da água e uso e cobertura do solo em múltiplas escalas espaciais na bacia do Rio Pandeiros-MG, a zona ripária apresentou maiores valores de correlação entre a cobertura superficial e a qualidade de água, mostrando a importância da preservação da vegetação próxima aos cursos d'água (SANTOS et al., 2017).

A evolução das paisagens da Amazônia se dá pela combinação de fatores geológicos, geomorfológicos, edáficos, climáticos e da vegetação. Assim, esses fatores combinados, principalmente o material de origem, o relevo e o clima formam solos, com alta acidez e saturação por alumínio, pequena capacidade de troca de cátions (CTC), baixa quantidade de macro e micronutrientes, lençol freático elevado e alta densidade. Estes solos são muito pobres em fósforo, reduzindo a capacidade de fixação desse nutriente (VALE JUNIOR et al., 2011), que está correlacionada com o teor de matéria orgânica e a CTC. A maior parte dos solos da Amazônia são de baixa fertilidade, muito intemperizados e profundos (ZATORRE, 2009). Os solos predominantes do município de Rolim de Moura são sequencialmente de Latossolos Vermelho-Escuro eutrófico, textura argilosa, bem drenado e Latossolos Vermelho-Escuro distróficos, bem drenado (SIPAM, 2006b).

As modificações dos sistemas naturais que podem ter sua capacidade de produção melhorada, conservada ou diminuída em relação ao sistema, essa alteração não significa necessariamente sua degradação, mas se essa alteração ocorrer juntamente com processos que levem à perda da capacidade produtiva do sistema, então as torna áreas degradadas. esse processo está relacionado com a degradação dos solos e práticas inadequadas de manejo, que acarretam prejuízos socioeconômicos e prejuízos futuros (WADT et al., 2003). Uma gestão segura dos recursos naturais, são fundamentais nas análises dos indicadores de qualidade do solo, ao discriminar solos em processo de degradação, os indicadores da qualidade física do solo podem evidenciar a necessidade da adoção de sistemas que estruturam o solo como elevar os teores de matéria orgânica (STEFANOSKI et al., 2013). Agricultores entrevistados sobre as práticas de manejo e conservação do solo, informaram que utilizam práticas de manejo sustentável mesmo sem ter o

conhecimento do conceito, o que demonstra a necessidade de apoio que possibilitem o aprendizado deles (LIMA et al., 2016).

## 2.6. ÍNDICE DE RESILIÊNCIA

Um índice é o valor agregado de um procedimento de cálculo utilizando indicadores como variáveis que o compõem. É considerado o valor numérico que retrata a correta análise de um sistema simples ou complexo (natural, econômico ou social), faz uso de bases científicas e métodos apropriados para o cálculo. O índice pode ser usado como mecanismo de tomada de decisão e previsão, sendo considerado um nível superior da junção de um jogo de indicadores ou variáveis (SICHE et al. 2007).

A resiliência é a habilidade em resistir a uma ameaça e se recuperar de maneira eficiente, (CRICHTON, 1999). Um sistema resiliente muda seu estado frequentemente, dentro de um mesmo regime. Por exemplo, “Floresta” seria um regime, podendo mudar da condição de “floresta nova” para “floresta madura”, ou para “floresta queimada”; se está em processo de recuperação, se mantém no “regime” floresta. Para ocorrer a mudança de regime desse exemplo, pode ser em casos em que o desmatamento regional mude o clima e o banco de sementes ao ponto em que a floresta não se recupere mais, a mudança de regime neste caso poderia ser alterada para savana. Se continuar o desflorestamento da região Amazônica, o sistema poderá mudar o regime para uma floresta aberta ou savana, fazendo com que o sistema perca sua capacidade de transpiração, de manutenção do ciclo hídrico e o novo estado poderia ser estável ou permanente (STERNBERG, 2001 apud BUSCHBACHER, 2014).

Áreas que sofrem cheias são extremamente sensíveis, portanto, é importante conhecer a resiliência dessas. Quando o rio se eleva sem ultrapassar suas margens, caracteriza-se como enchente, enquanto o aumento do nível do rio além do esperado, que resulta em transbordamento, é denominado inundação. As mudanças na bacia hidrográfica desencadeiam variações na frequência das inundações (KOBAYAMA, 2006). Esse problema é comum em áreas urbanas, onde há ocupação de regiões propensas a inundações. Para lidar com essa situação, é essencial a implementação de um serviço de infraestrutura bem-organizado, conforme o planejamento competente da administração pública, utilizando os investimentos destinados à redução dos riscos e ao controle de crises (AMORIM et al., 2014)

A prevenção de inundações é uma estratégia resiliente que busca minimizar os danos e acelerar a recuperação. Existem duas abordagens principais para lidar com as

inundações: a estratégia resistente, que visa mitigar os impactos, e o gerenciamento de risco de inundações, que se concentra na prevenção. No entanto, é importante destacar que a estratégia resistente, embora eficaz em alguns casos, não é a mais adequada em todos os cenários. Aprender a conviver com as inundações e adotar uma abordagem resiliente, em vez de tentar evitá-las a todo custo, muitas vezes é a abordagem mais sensata, pois reduz os custos associados às inundações, transformando-se em uma estratégia resiliente (BRUIJN, 2004). Vale ressaltar que o risco de inundação cria áreas vulneráveis e que o controle de risco de inundação não deve ser confundido com o controle de inundações em si.

O índice de resiliência já foi utilizado para avaliar as margens do córrego das Pitangueiras (SP) e o rio Poti (PI), sendo excelente para mostrar o quanto estes locais estavam degradados. Para o primeiro local foi utilizado o Protocolo de Avaliação Rápida (PAR) para avaliar a resiliência ambiental com o objetivo de identificar os impactos após o abandono do local devido a obras de saneamento básico e descrever a qualidade do ambiente. No segundo ambiente, no rio Poti (PI), o Índice de Resiliência Natural (IRN) foi obtido através do cruzamento dos aspectos da declividade média, pedologia, temperatura do solo e do índice de vegetação entre 1985 e 2015 (BORGES et al., 2022; OLIVEIRA et al., 2020). Nesses estudos não foram realizadas análises físico-químicas de água ou solo para a avaliação dos indicadores de fertilidade, parâmetros importantes na determinação da qualidade.

O IRN também pode ser usado para o planejamento e gestão de bacias, como é o caso da Sub-bacia do Rio Gurguéia-PI, que utilizou uma análise temporal entre os anos de 1987 e 2017, consideram para a avaliação do IRN a declividade média do relevo, erodibilidade dos solos, índice de aridez e NDVI, a partir do método AHP (lógica de comparação pareada desenvolvida por Saaty) para cada variável, posteriormente utilizaram o software QGIS (versão 1.14) através da função calculadora raster e o programa ArcGIS (versão 102) para o mapeamento final. A partir desse estudo foi possível analisar que o IRN da bacia estudada mostrou classificação baixa nas margens e na parte central, considerando que é necessário o planejamento dos recursos naturais a fim de manter a recuperação do ambiente e suas funcionalidades, a curto e médio prazo (OLIVEIRA; AQUINO, 2022).

O NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) sigla em inglês Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (GALVANIN et al., 2014) pode ser utilizada para estimar o acúmulo de biomassa (BRANDÃO et al., 2007) e identificar a cobertura vegetal

e suas modificações (BARROS et al., 2020). Para avaliar as mudanças do vigor vegetativo de plantas, pode-se correlacionar o NDVI com diversas variáveis, como o índice de área foliar, a biomassa ou a produtividade da vegetação. Inclusive, em trabalho realizado na região pantaneira de Cáceres/MT, avaliou-se que o NDVI teve maior poder de discriminação das fitofisionomias dos diferentes ambientes analisados quando comparados aos resultados obtidos por outros índices (SR - Simple Ratio e TVI - Transformed Vegetation Index), principalmente quando buscou diferenciá-los em períodos sazonais (GALVANIN et al., 2014).

O Sistema de Informações Geográficas - SIG, sensoriamento remoto e geoprocessamento são constantemente utilizados para avaliar a cobertura do solo (VENDRUSCOLO et al., 2019). Os resultados do NDVI e da cobertura do solo fornecem informações valiosas para o planejamento de intervenções de conservação e manejo sustentável na microbacia. Isso pode incluir a implementação de práticas agrícolas sustentáveis, restauração de áreas degradadas e monitoramento da qualidade da água. Valores de NDVI mais altos podem ser indicativos de áreas de maior conservação e biodiversidade, enquanto valores mais baixos podem sugerir áreas com pressão de desflorestamento ou degradação ambiental (SILVA et al., 2015).

O cálculo para obtenção do índice por meio da fórmula do NDVI se dá pela diferença entre as bandas do Infravermelho Próximo e do Vermelho, normalizada pela soma das mesmas bandas (ZANZARINI et al., 2013). Para gerar o NDVI de uma imagem selecionada, pode ser utilizado as bandas 3 e 4 da imagem, a depender do sensor do satélite, as quais atuam no comprimento de onda que correspondente a região do visível-vermelho e ao infravermelho próximo, sendo que os valores do NDVI oscilam de -1 a +1. Quanto mais próximo de 1, maior a densidade da cobertura vegetal (JENSEN, 1996 apud MELO et al., 2011). O mapeamento do uso do solo permite analisar mudanças ocorridas na paisagem e entendimento da organização do espaço. Vale salientar que a captura de imagens de maior qualidade do sensor é dependente de eventos climáticos, como períodos com baixa cobertura de nuvens (FERREIRA; MAGALHÃES, 2015).

### **3. OBJETIVO GERAL**

Caracterizar o uso e ocupação do solo e identificar o índice de resiliência da microbacia do rio Manicoré, em Rolim de Moura-RO.

### **4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Verificar as variáveis físico-químicas de solo e de água;
- Caracterizar o uso e ocupação do solo por meio do sensoriamento remoto;
- Identificar o índice de resiliência, por meio da relação entre água, solo e ocupação florestal.

## 5. CAPÍTULO I - CARACTERIZAÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO EM ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE NA MICROBACIA DO RIO MANICORÉ

**RESUMO:** As Áreas de Preservação Permanente (APPs) desempenham um papel crucial na proteção dos recursos hídricos, paisagem, estabilidade geológica e biodiversidade, além de garantir o bem-estar humano. O uso de geotecnologias é promissor para monitorar o impacto da colonização na floresta amazônica, principalmente relacionado à conversão do uso da terra, da floresta para pasto. Como a qualidade da bacia hidrográfica depende da interação entre vegetação, solo, clima e práticas de uso da terra e, levando em consideração todo o histórico de conversão do solo, destaca-se que a preservação da qualidade da água, solo e vegetação é essencial para a sustentabilidade da região, requerendo abordagens integradas. Dessa maneira, o objetivo deste estudo foi realizar levantamento das características físico-químicas da água, solo e o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI). O estudo foi realizado em propriedades particulares na microbacia do rio Manicoré, divididas em três categorias de grau de ocupação florestal: aquelas com APP protegidas por mata ciliar, consideradas como “Floresta”, áreas com vegetação intermediária denominadas “Intermediário” que inclui fragmentos florestais e pastagens, e áreas sem APP preservadas com forrageiras identificadas como “Pastagem”. Para analisar a cobertura vegetal, foi utilizada imagem de satélite do Landsat 8 e tratada no software QGIS. Quanto ao solo, foram coletadas amostras nas profundidades de 0-40 cm e 40-80 cm, totalizando 72 amostras. As coletas de água totalizaram 36 amostras. A análise dos dados ocorreu por meio da Análise de Componentes Principais (ACP) para todas as variáveis estudadas. A microbacia do rio Manicoré abrange uma área de 79,21 km<sup>2</sup>, onde a análise de uso e cobertura do solo com base no NDVI revela uma predominância significativa de pastagens, representando 68,17% da área total. Áreas de floresta e vegetação rala compõem 23,01% e 7,71%, respectivamente, enquanto áreas de solo exposto e água ocupam proporções menores (1,01% e 0,10%, respectivamente). Os resultados da ACP indicam que as variáveis, Ca (prof. 0-40 cm); Mg, H + Al, SB, CTC, V, Mg%, Argila, Silte (prof. 0-40 e 40-80 cm); O.D; Temperatura; Condutividade e o NDVI, estão positivamente correlacionadas com a melhoria da qualidade do solo, da água e da vegetação nas áreas estudadas. Isso sugere que o aumento dessas variáveis está associado a condições ambientais mais favoráveis, tais como soma de bases, capacidade de troca de cátions, e teor de cálcio. A densidade do solo, não se mostrou um bom indicador de degradação, inclusive, em ambas as profundidades estudadas, não houve clara correlação entre a densidade do solo e a degradação ambiental. Isso destaca a importância de considerar tanto aspectos físicos quanto químicos do solo ao avaliar sua qualidade. Além disso, os níveis médios de condutividade elétrica da água foram mais elevados em áreas de floresta em comparação com as áreas de pastagem e vegetação intermediária. Os resultados destacam a complexidade das interações entre uso da terra, qualidade do solo, água e vegetação na microbacia do rio Manicoré, ressaltando a importância de considerar múltiplos fatores ao avaliar a saúde ambiental da região.

**Palavras-chave:** NDVI. Qualidade da água. Qualidade do solo. Análise dos Componentes Principais.



## 5.1. INTRODUÇÃO

A região Amazônica, conhecida por sua rica biodiversidade e importância ambiental global, enfrenta desafios significativos relacionados à ocupação humana e à degradação das Áreas de Preservação Permanente (APP). Segundo o Código Florestal Brasileiro, estabelecido na Lei n. 12.651/2012, às Áreas de Preservação Permanente têm um papel fundamental na preservação dos recursos hídricos, da paisagem, da estabilidade geológica e da biodiversidade, além de proteger o solo e garantir o bem-estar das populações humanas. A ausência de vegetação ciliar nos canais fluviais resulta em desequilíbrios socioambientais, reflexo das práticas de uso da terra e da dinâmica humana na bacia hidrográfica (CUNHA, 2008).

Nesse contexto, o uso das geotecnologias para monitorar o impacto da colonização na floresta nativa em microbacias na Amazônia Ocidental é promissor. As causas do desflorestamento, em grande parte, estão relacionadas a sistemas produtivos e a expansão da pecuária. A qualidade da bacia hidrográfica depende diretamente da interação entre a vegetação, o solo, o clima, o manejo do solo e as práticas de uso da terra (TOMER; SCHILLING, 2009). O desflorestamento na Amazônia não apenas afeta a biodiversidade, mas também está intrinsecamente ligado ao desenvolvimento regional, ao crescimento populacional, à expansão da agricultura, à pecuária e à construção de infraestruturas (BRASIL, 2012).

Assim, a qualidade da água, do solo e da vegetação desempenham um papel central na preservação da Amazônia, e a adoção de práticas de manejo sustentável e o uso de geotecnologias são cruciais para enfrentar os desafios ambientais da região. O padrão de desflorestamento observado na Amazônia não apenas impacta a paisagem, mas tem implicações de longo alcance para a biodiversidade, os ciclos hidrológicos e o equilíbrio dos ecossistemas. Portanto, a justificativa deste trabalho é adotar abordagens integradas que considerem a interconexão desses elementos na busca pela conservação e sustentabilidade da região Amazônica. A hipótese é que, os diferentes usos e ocupação do solo “Pastagem”, “Intermediário” e “Floresta” se distingam entre si e formem grupos a partir de características semelhantes de água, solo e cobertura vegetal.

Diante disso, o objetivo do estudo foi verificar as variáveis físico-químicas de solo e água, caracterizar o uso e ocupação do solo por meio de geotecnologias na microbacia do Rio Manicoré e investigar suas correlações.

## 5.2. MATERIAL E MÉTODOS

As áreas estudadas foram de trinta e seis pontos de coleta na microbacia do rio Manicoré, sub-bacia do rio Muqui (Figura 1), localizadas na RO-010, Linhas 176, 172 e 168, lado Norte, no município de Rolim de Moura - RO, sentido ao município de Novo Horizonte D'Oeste - RO, com coordenadas geográficas Latitude  $11^{\circ}43'29.81''S$  e Longitude  $61^{\circ}51'4.88''O$ ; Latitude  $11^{\circ}43'28.41''S$  e Longitude  $61^{\circ}53'17.17''O$ ; Latitude  $11^{\circ}43'27.36''S$  e Longitude  $61^{\circ}55'29.16''O$ , respectivamente. O tipo de solo é predominante de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (SIPAM CTC-PV, 2006). O clima da região é do tipo Aw (BECK et al., 2018), a temperatura média é de  $25,3^{\circ}C$  (SEDAM, 2012).

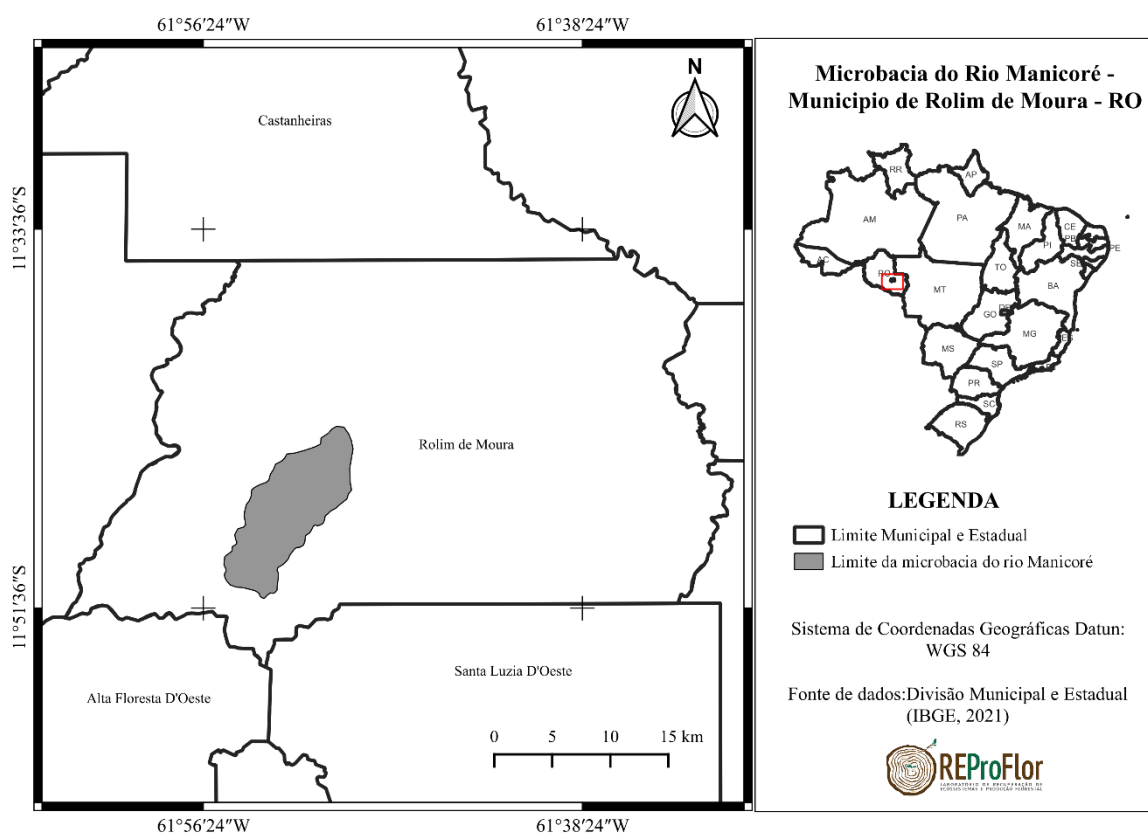


Figura 1 - Localização da microbacia do Rio Manicoré, Rolim de Moura-RO, 2023.

Foram escolhidas ao longo da microbacia do rio Manicoré, áreas de preservação permanente com diferentes grau de ocupação florestal: três propriedades que possuem APP protegida (com alta ocupação florestal), três propriedades com APP coberta por vegetação intermediária e contendo pastagem para criação de bovinos e bubalinos (com ocupação florestal intermediária), três áreas que não possuem a APP preservada contendo

somente pastagens para criação de bovinos no entorno (com baixa ocupação florestal), a fim de realizar o levantamento das características físico-químicas da água, solo e a classificação do uso do solo por meio do NDVI. As áreas foram selecionadas por meio da observação de imagens de satélite através do software Google Earth no ano de 2020. Devido a pandemia do Covid-19 não foi possível realizar as coletas de água e solo no mesmo ano, por se tratar de propriedades privadas, fez-se termo de autorização para as coletas de água e solo, que foram realizadas em 2021. Para melhor compreensão dos termos, optou-se por chamar as áreas de “Floresta”, “Intermediário” e “Pastagem”, respectivamente.

As áreas de pastagens foram compostas dos pontos amostrais (P) de 1 a 12, áreas com vegetação intermediária correspondente aos pontos 13 ao 24 e as áreas com floresta do ponto 25 ao 36 (Figura 2).

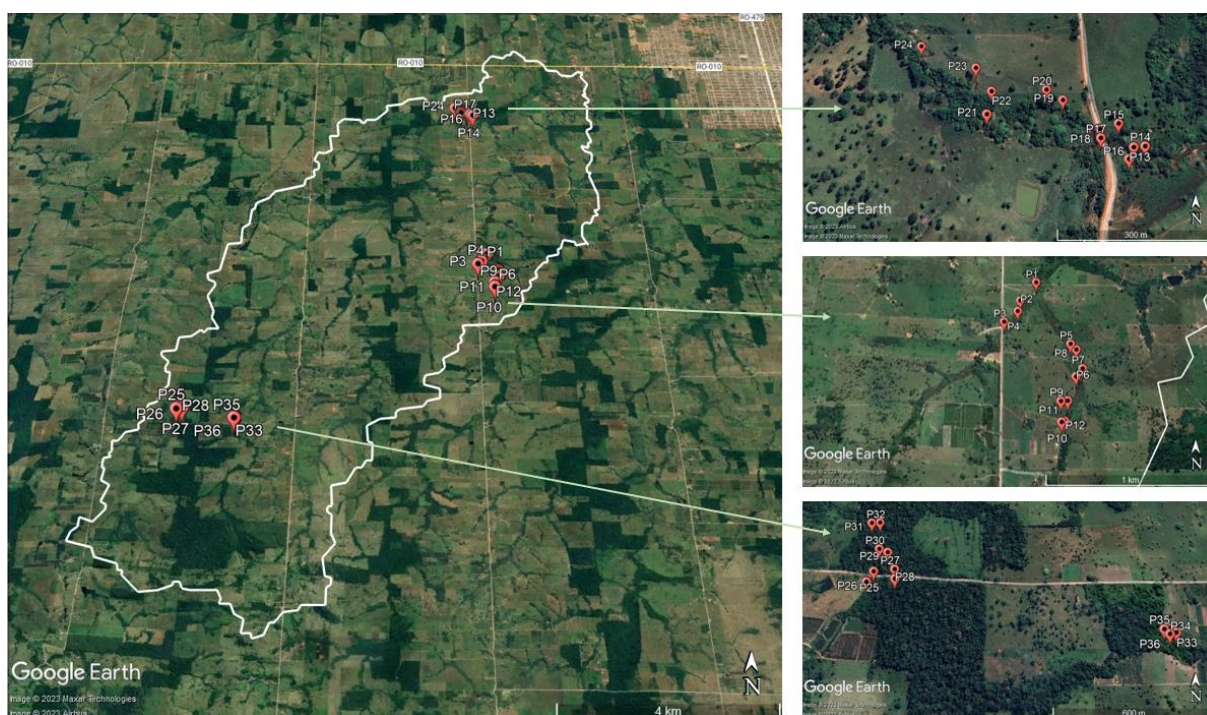


Figura 2 - Localização dos pontos amostrais na microbacia do rio Manicoré, Rolim de Moura-RO, 2023. Fonte: Google Earth (2023).

Nota: Os pontos 1 a 12 são áreas com grau de ocupação florestal baixo, os pontos 13 ao 24 são áreas com grau ocupação florestal médio e os pontos 25 ao 36 são áreas com grau ocupação florestal alto. Considerados com a nomenclatura de “Pastagem”, “Intermediário” e “Floresta”, respectivamente.

Para analisar a cobertura vegetal fez-se uso de imagem de satélite do Landsat 8, órbita 231, ponto 68, de 03 de agosto de 2021, por ter menor incidência de nuvens favorecendo uma imagem mais limpa, retirada do site USGS, com resolução espacial de

30 m. As imagens foram tratadas no software QGIS 3.28.9 (versão Firenze) através do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), optou-se por este método devido ao tamanho reduzido do ambiente estudado, determinado pela seguinte equação a partir das bandas 4 e 5:

$$\text{NDVI} = \text{NIR} - \text{VER} / \text{NIR} + \text{VER}$$

Onde:

NIR: Infravermelho próximo;

VER: Vermelho.

Para auxiliar na classificação, utilizou-se observações a campo, com pontos de controle georreferenciados com GPS. Realizou-se uma correlação dos pixels de cada ponto com as classes de cobertura do solo, variáveis de solo e água. Foram cinco categorias de uso do solo da microbacia do rio Manicoré classificadas pelo uso do NDVI, área ocupada com floresta, baixa densidade com vegetação esparsa, pastagem, solo exposto e água. Com os dados obtidos fez-se gráfico boxplot com os tipos de maior área em uso, “Floresta”, vegetação rala “Intermediário” e “Pastagem”.

A coleta das amostras de solo foi realizada em março de 2021, período chuvoso no local, foi analisado o cruzamento do rio Manicoré nas propriedades e selecionadas duas glebas uniformes, com aproximadamente 30m<sup>2</sup> cada, nos dois lados logo a frente do rio, coletadas quatro amostras de solo na profundidade de 0-40 cm e quatro amostras na profundidade 40-80 cm, em cada uma das nove propriedades, totalizando 72 amostras. O plano de amostragem do solo consistiu na retirada de amostra composta, formada por amostras simples, escolhidas ao acaso, percorrendo em zigue-zague na gleba uniforme. A superfície do local de amostragem foi limpa, retirada a vegetação, galhos e pedras, a coleta foi realizada com trado do tipo holandês e o solo depositado dentro de balde de plástico limpo para formar a amostra, fez-se a homogeneização e retirou-se aproximadamente 250 cm<sup>3</sup> de cada amostra composta, que foram acondicionadas em sacos plásticos e enviadas ao laboratório de solos da UNIR, *Campus* de Rolim de Moura. Para início das análises, as amostras de solo foram secas ao ar, destorroadas, passadas em peneira com diâmetro de 2 mm e homogeneizadas.

Foram determinados o potencial de hidrogênio (pH) em água e cloreto de cálcio (CaCl<sub>2</sub>); e potássio (K) por fotometria de chama; cálcio (Ca) e magnésio (Mg) trocáveis

por volumetria de complexação; alumínio (Al) trocável e acidez potencial (H+Al) por volumetria de neutralização; e fósforo (P) pelo método espectrofotométrico. O carbono orgânico total foi determinado pelo método volumétrico do dicromato de potássio (SILVA et al., 1998).

Para a determinação da densidade do solo, empregou-se cada amostra em um cilindro volumétrico com volume conhecido, obtido através de extrator apropriado para esta finalidade. Pesou-se o conjunto solo e recipiente, colocado em estufa a 105 °C por 24h, e pesado novamente após 1h no dessecador (SILVA et al., 1998). Os teores disponíveis da matéria orgânica, cálculo da saturação por bases, saturação por Al e a capacidade de troca de cátions, foram determinados conforme metodologia do manual de métodos de análise de solo da Embrapa (SILVA et al., 1998). A coleta dos atributos físicos, como teor de argila, silte e areia, teve como objetivo caracterizar as atuais condições de uso do solo.

A coleta das amostras de água foi realizada em dezembro de 2021, período chuvoso no local, a metodologia da coleta e análise dos parâmetros químicos e físicos, seguiram as normas do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2012). Os parâmetros avaliados foram: Potencial de Hidrogênio (pH), Oxigênio Dissolvido (O.D), Temperatura, Condutividade Elétrica da Água (Cea), Dureza, Turbidez, Sódio e Potássio (Na/K). As amostras foram levadas ao REProFlor-Laboratório de Recuperação de Ecossistemas e Produção Florestal, da UNIR, *Campus* de Rolim de Moura, por métodos titulométricos e em equipamentos analíticos da própria instituição, para a análise do Fósforo foi realizada no LABLIM-Laboratório de Limnologia e Microbiologia da UNIR *Campus* de Ji-Paraná.

A amostragem da água foi realizada em frasco único de plástico de 500 mL, logo após houve o encaminhamento das amostras com seu respectivo formulário, aos laboratórios para a realização das análises. A Temperatura da água e o Oxigênio Dissolvido foram medidos no momento da amostragem via medidor de OD/Temperatura portátil digital (Lutron/DO-5519). Para a leitura do pH utilizou-se o pHmetro modelo MS TECNOPON, mPA – 210.

A Condutividade Elétrica da Água analisa a quantidade de íons que produzem correntes elétricas presentes na amostra, a análise consiste na leitura da amostra pelo aparelho condutivímetro (SANXIN, DDS – 11 C Cond Meter). A determinação do parâmetro Dureza foi realizada por meio de titulação com Etilenodiaminotetracético sal dissódico (EDTA). A Turbidez foi determinada com a utilização de turbidímetro modelo

MS TECNOPON, TB 1000 p. Para a determinação de Na/K utilizou-se um fotômetro de chama (Benfer/BFC-300). O parâmetro Fósforo determinou-se através do método colorimétrico.

Foi aplicada a Análise de Componentes Principais (ACP) para as variáveis de NDVI, solo (nas profundidades de 0-40 cm e 40-80 cm) e água. A análise de componentes principais (ACP) consiste em análise multivariada cujo objetivo é transformar um conjunto de variáveis originais em outro conjunto de variáveis de mesma dimensão denominadas de componentes principais. A ACP objetiva explicar a estrutura da variância e covariância de um vetor aleatório, composto de  $p$ -variáveis aleatórias, por meio de combinações lineares das variáveis originais. A técnica agrupa os indivíduos de uma população segundo a variação de suas características, indicada para estabelecer índices (HONGYU, 2015).

Utilizou-se a ACP para reduzir a matriz de dados, obtendo as variáveis que mais representam o ambiente, assim, foram utilizadas 25 variáveis e as demais foram descartadas. As variáveis mais representativas foram o NDVI, representando o solo na profundidade de 0-40 cm as variáveis Ca (cmolc/kg); Mg (cmolc/kg); H + Al (cmolc/kg); SB (cmolc/kg); CTC (cmolc/kg); V (%); Mg (%); Argila (g/kg); Silte (g/kg); Areia (g/kg) e Densidade (g/kg), para a profundidade de 40-80 cm: Mg (cmolc/kg); H + Al (cmolc/kg); SB (cmolc/kg); CTC (cmolc/kg); V (%); Ca/Mg; Mg (%); Argila (g/kg); Silte (g/kg) e Areia (g/kg), as variáveis da análise de água foram: O.D (mg/L); Temperatura (°C) e Condutividade (mS). Para as análises estatísticas, os dados foram normalizados e utilizado o *Software R* (Versão 4.1.1) pacote FactoMineR (LÊ et al., 2008), obtendo o agrupamento dos pontos mais semelhantes conforme as características físico-químicas analisadas e box-plot.

### 5.3. RESULTADOS

A microbacia do rio Manicoré possui área de 79,21 km<sup>2</sup>, conforme o mapeamento de uso e cobertura do solo com o uso do NDVI (Figura 3), possui 32,60 km de extensão de afluente do rio onde foram coletadas as amostras para análise de água e solo, a área ocupada com floresta é de 18,23 km<sup>2</sup>, vegetação rala com 6,11 km<sup>2</sup>, área de pastagem com 54 km<sup>2</sup>, área de solo exposto com 0,8 km<sup>2</sup> e área de água com 0,07 km<sup>2</sup>. Assim, possui predomínio de áreas de pastagens conforme análise do NDVI, representado 68,17% de toda a área da microbacia, área de floresta e vegetação rala com 23,01% e 7,71%, respectivamente.

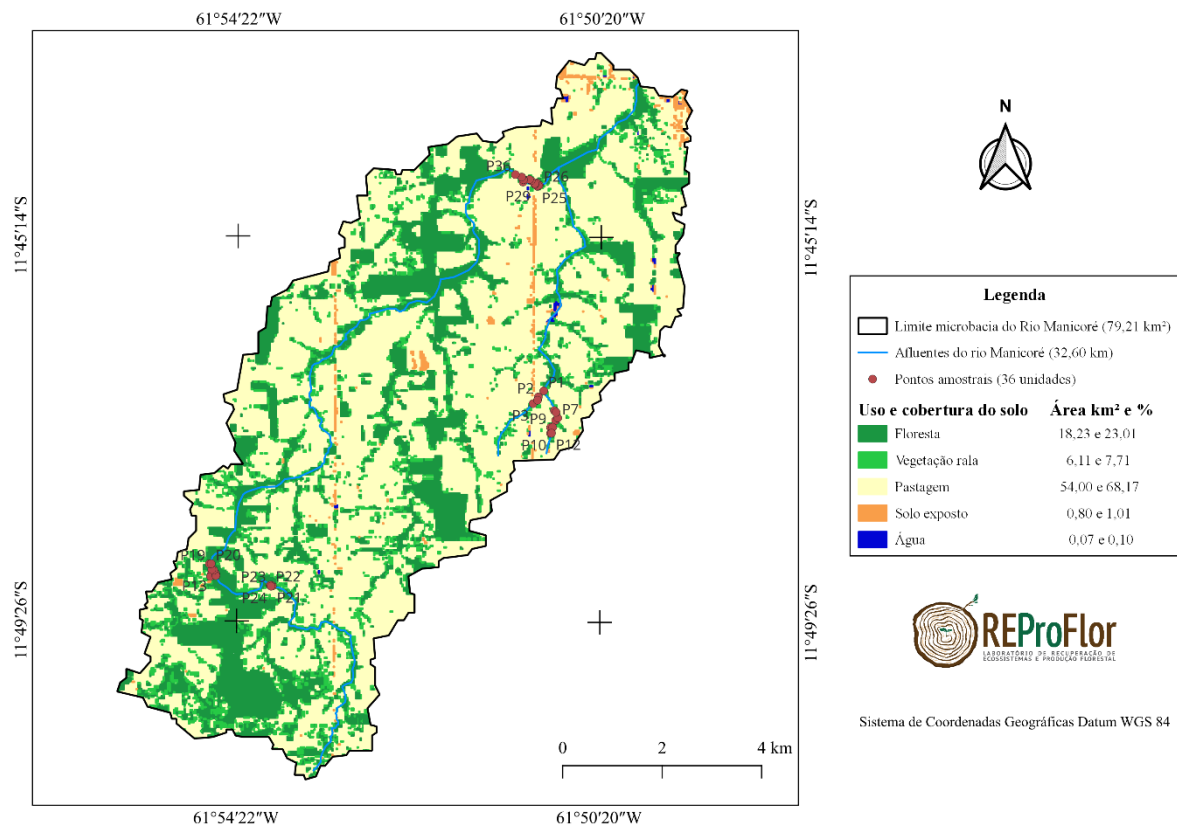


Figura 3 - Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), considerando cinco categorias de classificação do uso da terra, “Floresta”, “Vegetação rala”, “Pastagem”, “Solo exposto” e “Água” da microbacia do rio Manicoré, Rolim de Moura- RO, 2023.

A distribuição dos pontos amostrais no NDVI permite visualizar como a vegetação varia nas áreas selecionadas da microbacia (Figura 4). Áreas com cores mais verdes ou NDVI mais alto indicam vegetação mais densa e saudável conforme ficaram distribuídos os pontos das áreas florestais, enquanto áreas com cores mais amarelas, vermelhas ou NDVI mais baixo, que é o caso das áreas de pastagem, indicam vegetação menos densa.

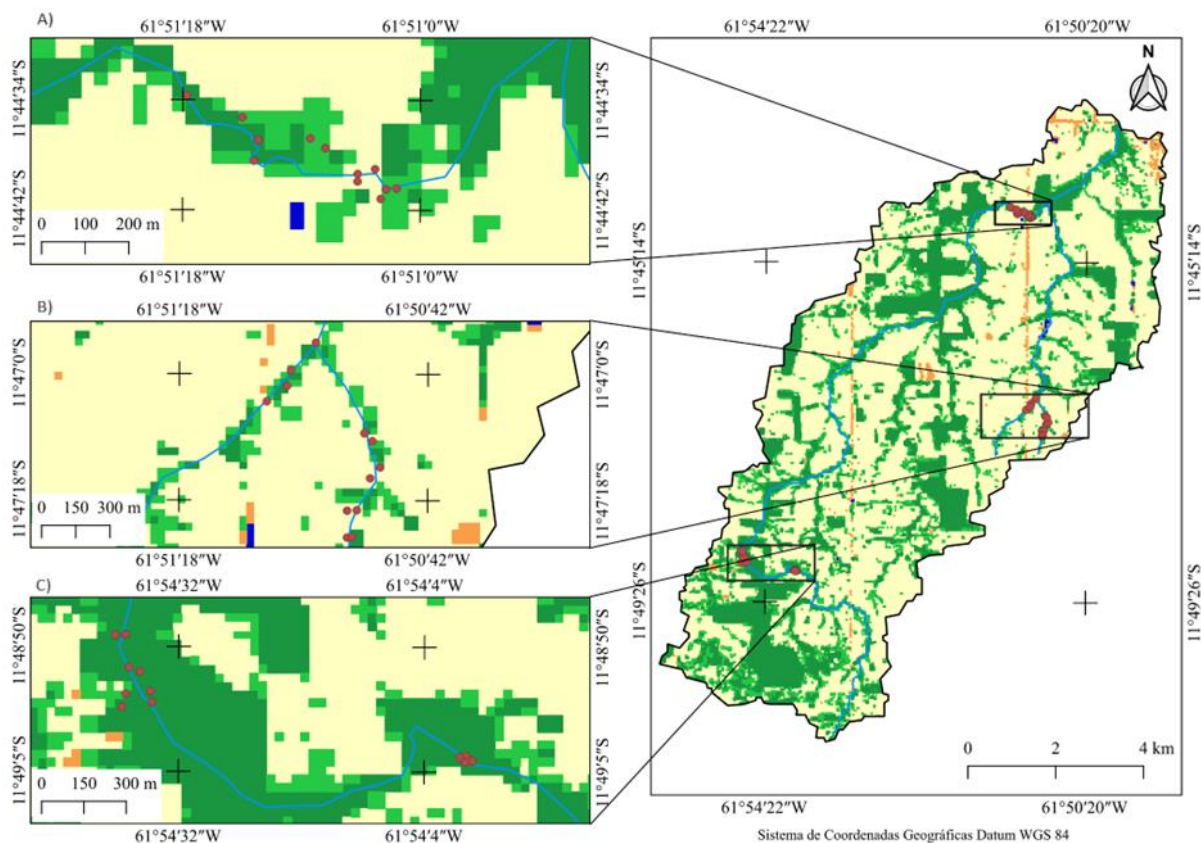


Figura 4 - Distribuição dos pontos amostrais no Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) da microbacia do rio Manicoré, Rolim de Moura- RO, 2023.

Nota: A) Pontos nas áreas com grau ocupação florestal médio; B) Pontos nas áreas com grau de ocupação florestal baixo; C) Pontos nas áreas com grau de ocupação florestal alto. Considerados com a nomenclatura de “Intermediário”, “Pastagem” e “Floresta”, respectivamente.

O gráfico de boxplot (Figura 5) permite comparar a distribuição do NDVI entre diferentes tipos de uso do solo. Ele mostra como a vegetação varia em áreas de pastagens, vegetação intermediária e floresta. O eixo X representa as categorias de uso do solo que foram avaliadas "Floresta", "Intermediário" e "Pastagem". O eixo Y mostra a distribuição do Índice de Vegetação (NDVI) para cada categoria de uso do solo. As caixas (boxplot) representam a dispersão dos valores do NDVI em cada categoria, incluindo a mediana (linha no centro da caixa), os quartis (bordas superior e inferior da caixa) e os valores extremos (pontos fora das barras) (VALLADARES NETO et al., 2017).



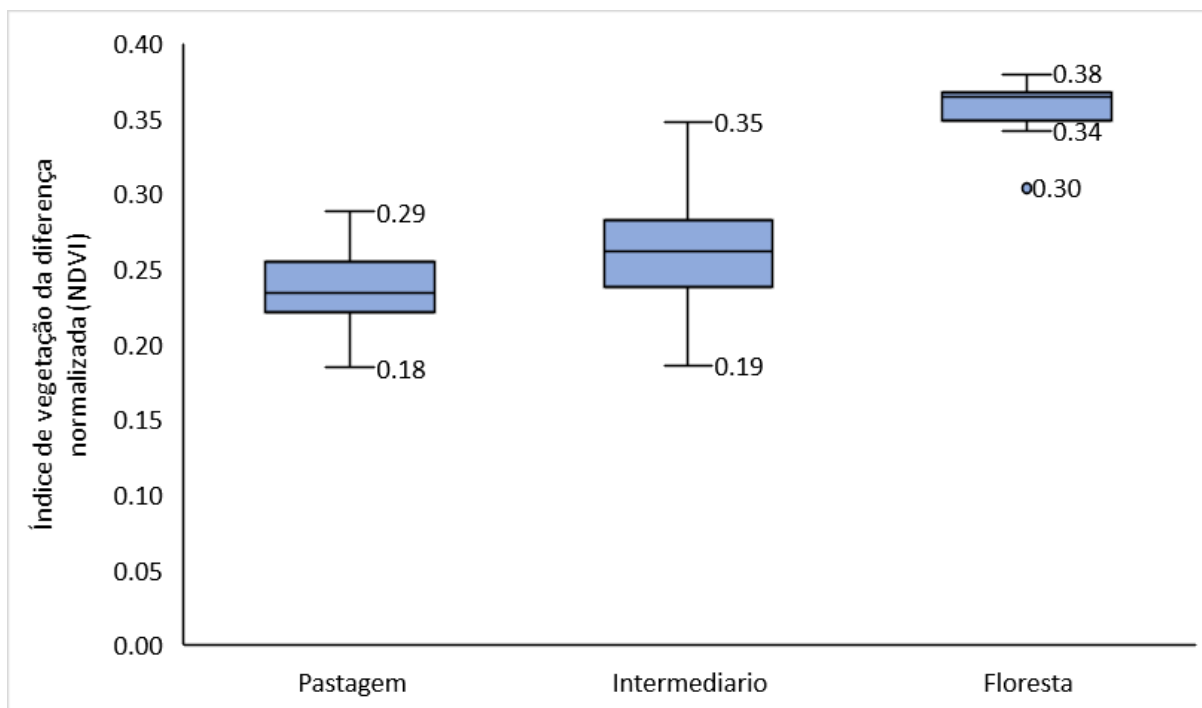


Figura 5 - Boxplot do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) em três graus de ocupação florestal “Pastagem”, “Intermediário” e “Floresta”, na microbacia do rio Manicoré, Rolim de Moura- RO, 2023.

Os valores de NDVI para a categoria "Pastagem" variaram de 0,18 a 0,29 (Figura 6). Esses valores indicam uma densidade de vegetação relativamente baixa. Valores de NDVI abaixo de 0,2 geralmente representam áreas com vegetação rala ou pastagens de baixa qualidade (BEZERRA et al., 2016). As pastagens tendem a ter NDVI mais baixo em comparação com florestas, uma vez que a vegetação é menos densa.

Os valores de NDVI para a categoria "Intermediário" variaram de 0,19 a 0,35. Essa categoria apresenta uma variação mais ampla de NDVI em comparação com a categoria "Pastagem". Os valores mais baixos de NDVI podem indicar áreas de transição entre pastagens e florestas ou áreas com diferentes estágios de desenvolvimento da vegetação.

Os valores de NDVI para a categoria "Floresta" variaram de 0,30 a 0,38. Essa categoria apresenta os valores mais altos de NDVI entre as três categorias. Valores de NDVI acima de 0,3 geralmente indicam áreas com vegetação densa e saudável, como florestas. As florestas tendem a ter NDVI mais alto devido à presença de uma grande quantidade de biomassa vegetal (SILVA et al., 2015).

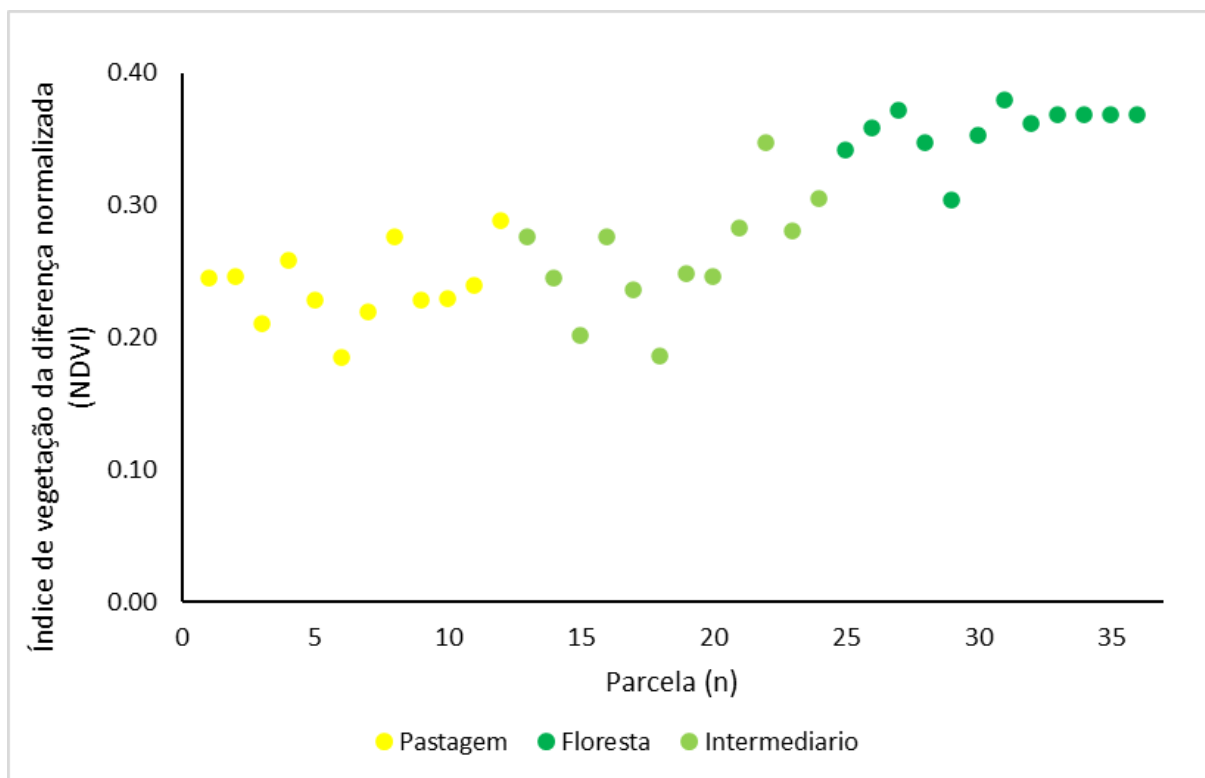


Figura 6 - Distribuição do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) em três graus de ocupação florestal “Pastagem”, “Intermediário” e “Floresta”, na microbacia do rio Manicoré, Rolim de Moura- RO, 2023.

Nota: Os pontos 1 a 12 são áreas com grau de ocupação florestal baixo, os pontos 13 a 24 são áreas com grau ocupação florestal médio e os pontos 25 a 36 são áreas com grau ocupação florestal alto. Considerados com a nomenclatura de “Pastagem”, “Intermediário” e “Floresta”, respectivamente.

Na primeira ACP feita com todas as variáveis, obteve-se 47,17% de explicação da variação dos dados, onde Dim 1 apresentou 29,85% e Dim 2 valor de 17,32% do total (Figura 7). Optou-se por usar o sinal (\*) e (\*\*) para designar as variáveis analisadas para solo na profundidade de 0-40 cm e 40-80 cm, respectivamente.

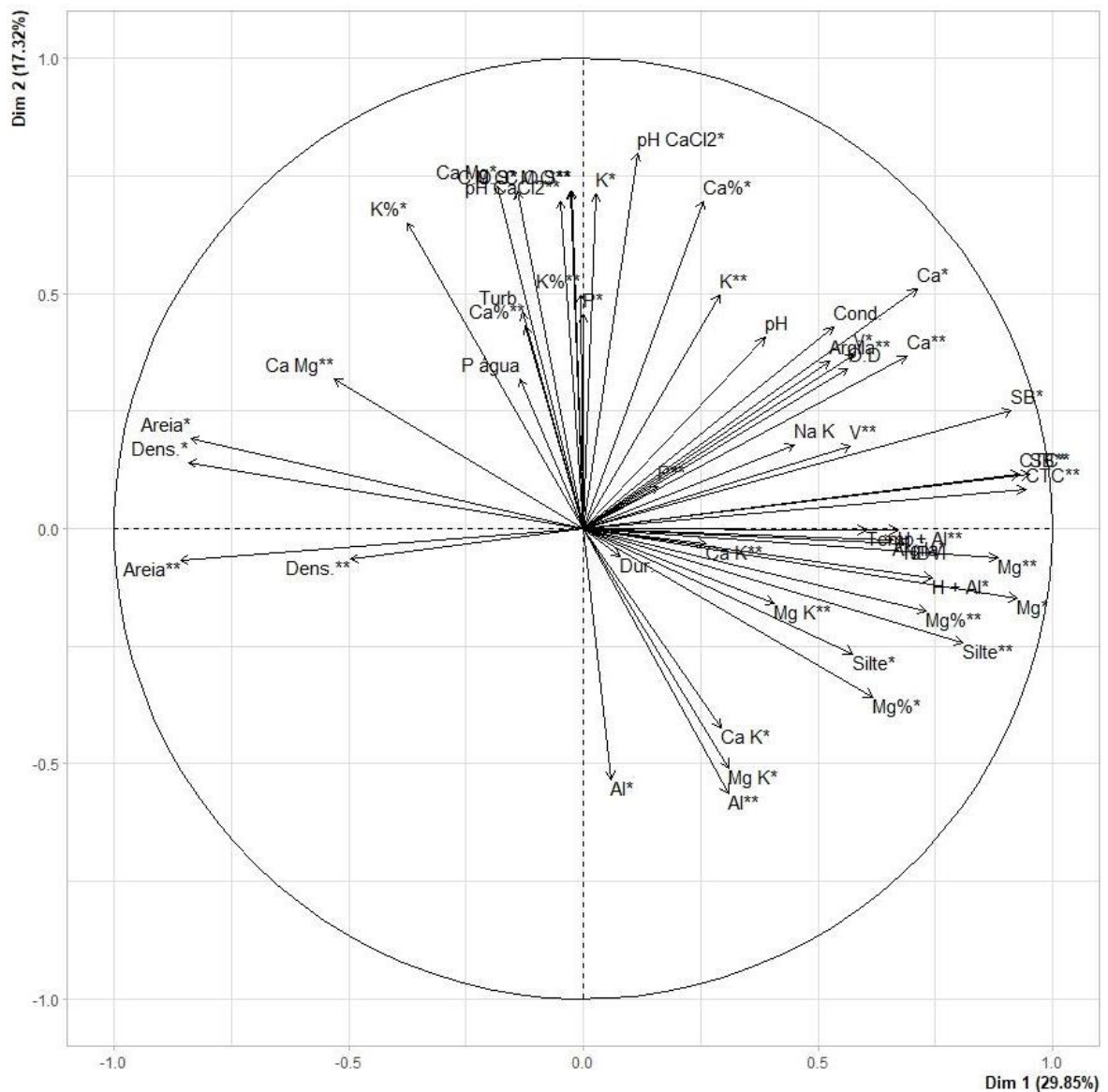


Figura 7 - Eixos de ordenação produzidos pela análise de componentes principais das variáveis de água, solo e o NDVI, em três graus de ocupação florestal “Pastagem”, “Intermediário” e “Floresta”, na microbacia do rio Manicoré, Rolim de Moura- RO, 2023. Nota: O uso de (\*) e (\*\*) representam respectivamente a variável solo da profundidade 0-40 cm e 40-80 cm.

Quanto mais próximos forem os pontos, até sobrepostos, mais semelhantes são entre si. Pontos próximos ao zero do gráfico possuem baixa correlação. Quanto mais longo for o vetor (setas) possui correlação mais forte, quando no mesmo quadrante estão mais relacionadas (BORCARD et al., 2011 apud ROCHA, 2015). Com base nisso, descartaram-se as variáveis de menor correlação e foram selecionadas 25 variáveis com uma correlação mais forte, seguida por uma nova realização da Análise de Componentes Principais (ACP) (Figura 8).

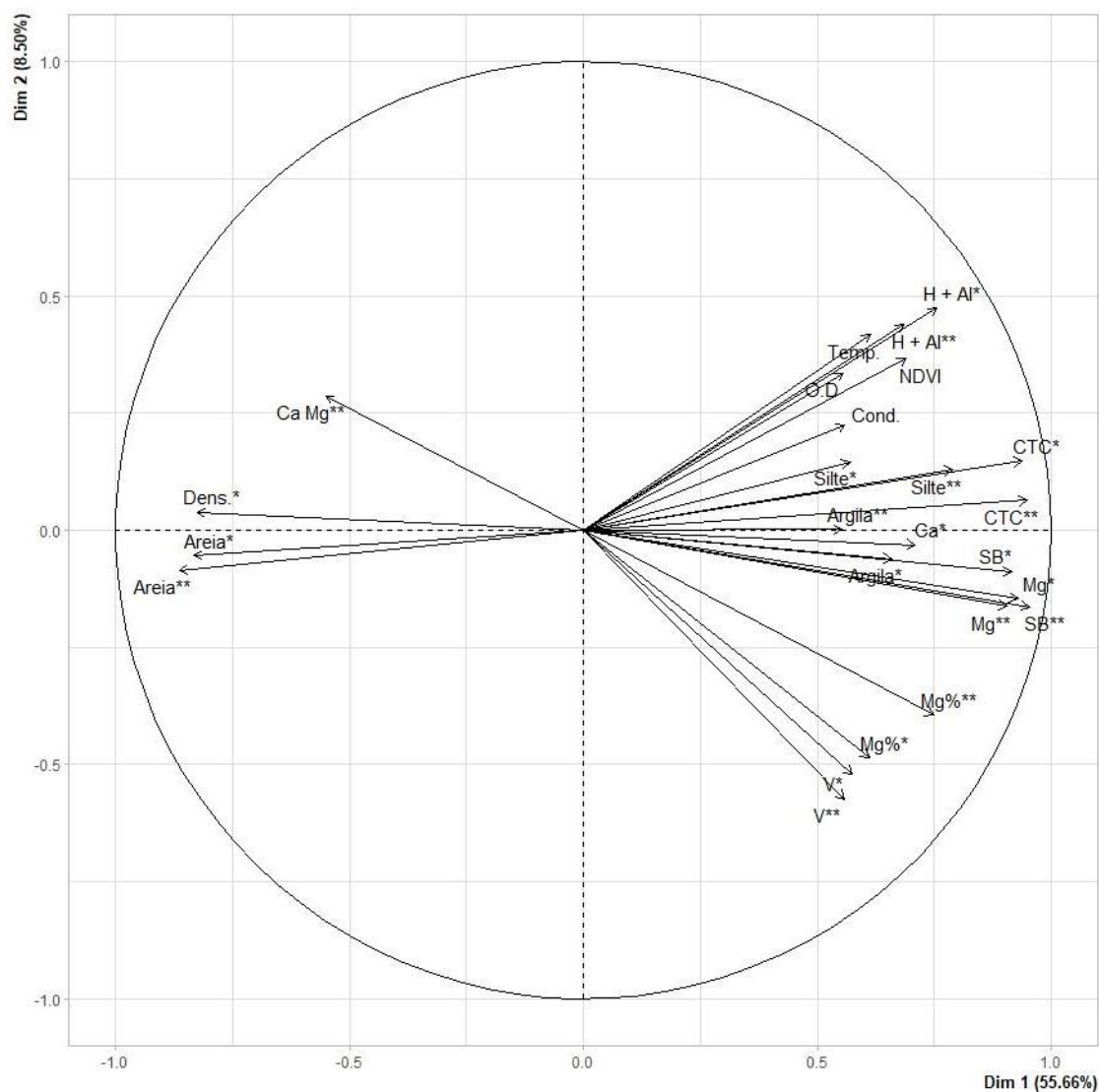


Figura 8 - Eixos de ordenação produzidos pela segunda análise de componentes principais das variáveis de água, solo e o NDVI, em três graus de ocupação florestal “Pastagem”, “Intermediário” e “Floresta”, na microbacia do rio Manicoré, Rolim de Moura- RO, 2023. Nota: O uso de (\*) e (\*\*) representam respectivamente a variável solo da profundidade 0-40 cm e 40-80 cm.

Com a nova ACP obteve-se 64,16% de explicação da variação dos dados, onde Dim 1 explica 55,66% e Dim 2 valor de 8,50%. A correlação mais próxima de 1 ou -1 foi da variável soma de bases (SB) da camada mais profunda do solo com 0,95, os resultados da análise da SB foram maiores no solo da floresta.

Agrupou-se as 25 variáveis em dois grupos que apresentaram correlações inversas na ACP: Ca/Mg\*\*, Densidade\*, Areia\* e Areia\*\*, totalizando 04 variáveis no lado negativo do gráfico, para o segundo grupo as variáveis da análise de solo Ca\*, Mg\*, Mg\*\*, H + Al\*, H + Al\*\*, SB\*, SB\*\*, CTC\*, CTC\*\*, V\*, V\*\*, Mg%\*, Mg%\*\*, Argila\*, Argila\*\*, Silte\* e Silte\*\*, as variáveis da análise de água O.D; Temperatura e

Condutividade, e o NDVI totalizando 21 variáveis no lado positivo do gráfico em, com correlação positiva entre si. As variáveis Ca/Mg\*\* e Densidade\* possuem correlação opostas as variáveis Ca\*, Argila\*, SB\*, SB\*\*, Mg\*, Mg\*\*, V\*, V\*\*, Mg%\* e Mg%\*\*.

O mesmo acontece para as variáveis do quadrante superior direito O.D, Temperatura, Condutividade, NDVI, H + Al\*, H + Al\*\*, CTC\*, CTC\*\*, Silte\*, Silte\*\* e Argila\*\* para as variáveis do quadrante inferior esquerdo Areia\* e Areia\*\*.

A relação positiva na ACP é relacionada aos valores próximos de +1, significando que quando uma variável está correlacionada positivamente com outra, ambas tendem a aumentar. A variável SB\*\* e CTC\*\* possuem uma forte relação positiva. Isso significa que onde a soma de bases trocáveis é alta, a capacidade de troca catiônica também é alta. O mesmo acontece para a soma de bases da camada mais superficial do solo e a CTC em 0-40 cm, as variáveis Mg\* e SB\* também possuem forte correlação positiva. Já a relação negativa ou inversa da ACP é referente às variáveis próximas de -1, neste caso quando uma variável aumenta a outra variável correlacionada negativamente tende a diminuir. A variável Areia\* e Densidade\* têm uma forte correlação negativa. Isso indica que à medida que a porcentagem de areia aumenta, a densidade diminui, o mesmo acontece para a areia da camada 40-80 cm do solo.

As variáveis com valores de carga positivos na Dim 1 indicam uma correlação positiva com a melhoria da qualidade do solo, da água e da vegetação. A maioria dos valores da Dim 2 é próximo de zero, indicando que eles não têm uma contribuição significativa. Isso sugere que a Dim 2 não está fortemente relacionada à qualidade do solo, da água e da vegetação nas áreas de pastagem, vegetação intermediária e floresta. No entanto, é importante observar que a variável Densidade\* em Dim 1 possui uma carga negativa significativa em Dim 2 (-0.84). A densidade do solo está correlacionada negativamente com a melhoria da qualidade do solo, da água e da vegetação nas áreas de pastagem, vegetação intermediária e floresta, conforme Dim 1. Assim, áreas com maior densidade do solo, de acordo com essa análise, estão associadas a condições ambientais menos favoráveis em relação à Dim 1.

A variável saturação por bases (V%) é definida como a soma das bases trocáveis expressa em porcentagem de capacidade de troca de cátions, através da fórmula  $V (\%) = 100 \times SB / CTC$ . Os valores de saturação de bases foram crescentes das áreas de pastagem para as áreas intermediárias e as áreas de florestas (40%, 48% e 50% respectivamente). As médias para Ca e Mg da profundidade 0-40cm seguiram o mesmo ordenamento de valores crescente das áreas de pastagens para as áreas com floresta, sendo as médias de

1,0 e 0,68 cmolc/kg para a área de pastagem, 1,47 e 1,37 cmolc/kg para a área intermediária, 2,22 e 1,99 cmolc/kg para a área de floresta, respectivamente.

Na análise de água os valores da condutividade elétrica da água variaram entre 19,3 e 35  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , estando dentro do limite estabelecido de 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$  para condutividade elétrica em águas naturais (BRIGANTE; ESPÍNDOLA, 2003). Para as áreas de pastagens os valores estiveram entre 20,4 e 34  $\mu\text{S}/\text{cm}$  possuindo a maior variação comparado às outras áreas, onde as áreas intermediárias variaram entre 19,3 e 26,6  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , e as áreas de floresta entre 30,1 e 35  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , esta última possuindo menor variação os resultados.

A distribuição dos pontos amostrais, possuem tendência a formar grupos devido aos diferentes usos do solo, os pontos 16, 23 e 32 são mais comuns no gráfico e correspondente a áreas de vegetação intermediária e floresta (Figura 9).

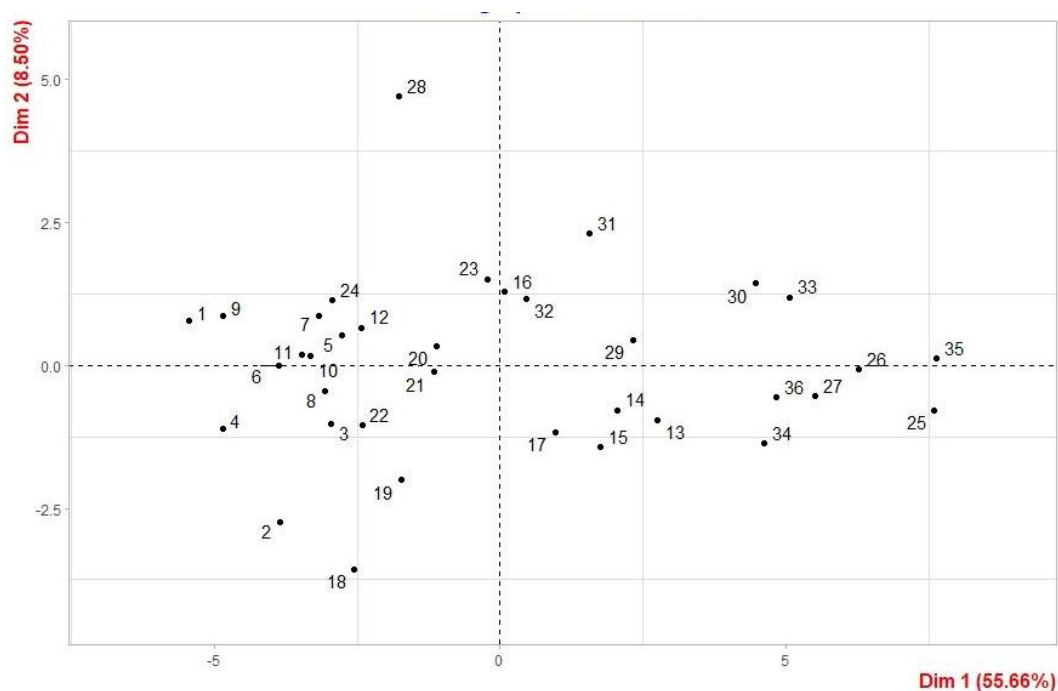


Figura 9 - Distribuição dos pontos amostrais produzidos pela análise de componentes principais da microbacia do rio Manicoré, Rolim de Moura- RO, 2023.

Nota: Os pontos 1 a 12 são áreas com grau de ocupação florestal baixo, os pontos 13 a 24 são áreas com grau ocupação florestal médio e os pontos 25 a 36 são áreas com grau ocupação florestal alto. Considerados com a nomenclatura de “Pastagem”, “Intermediário” e “Floresta”, respectivamente.

Com a divisão dos locais obteve-se quatro grupos distintos (Figura 10), os pontos 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 18, 19, 21, 22, 24 e 28 formaram um grupo (Grupo 01), sendo os pontos de 1 a 12 correspondente a área de pastagem, pontos 18 ao 22 a área de vegetação intermediária e o ponto 28 a uma área com floresta. Outro grupo é formado pelos pontos 05, 15, 17, 20, 23, 29, 30, 31 e 32 (Grupo 02), onde o ponto 5 refere-se a

área de pastagem, os pontos 15 ao 23 a áreas de vegetação intermediária e do ponto 29 ao 32 áreas com florestas. Já os pontos 13, 14, 16, 25, 26, 27, 33, 34 e 36 formam outro grupo (Grupo 03), composto por áreas de vegetação intermediária (pontos 13 a 16) pelas áreas de florestas (pontos 25 ao 36). O ponto 35 não pertence a nenhum dos três grupos anteriores, representa uma área de floresta (Grupo 04).

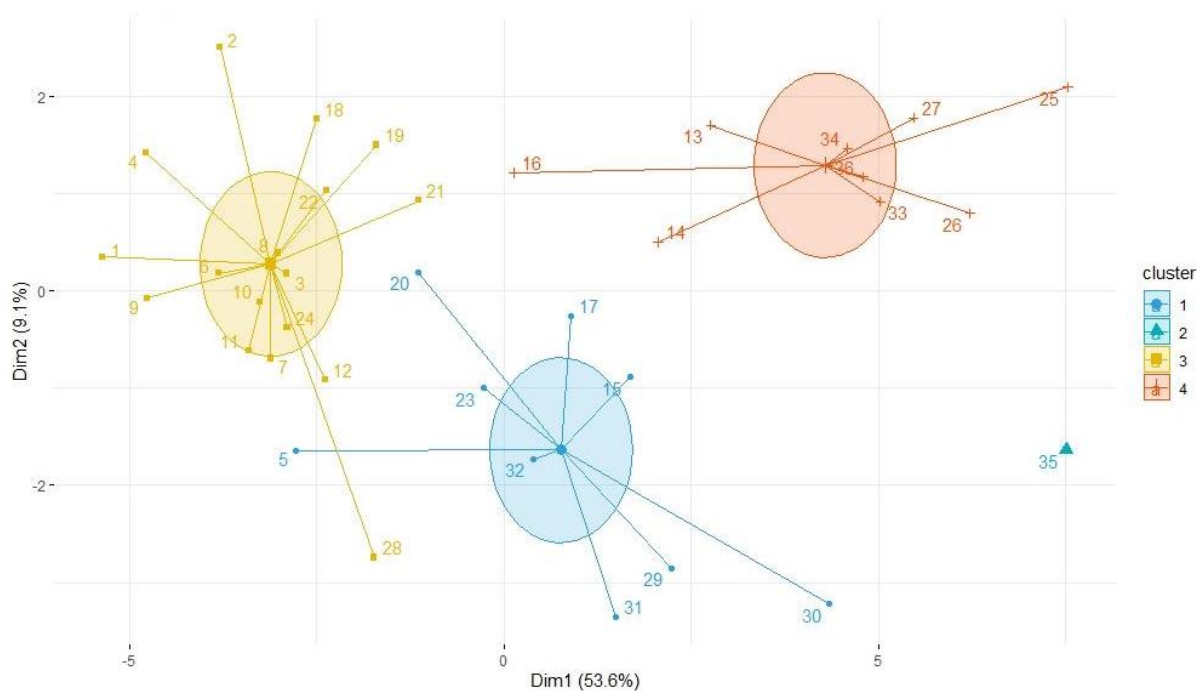


Figura 10 - Eixos de ordenação produzidos pela análise de componentes principais em agrupamento das áreas estudadas da microbacia do rio Manicoré, Rolim de Moura- RO, 2023.

Nota: Os pontos 1 a 12 são áreas com grau de ocupação florestal baixo, os pontos 13 ao 24 são áreas com grau ocupação florestal médio e os pontos 25 ao 36 são áreas com grau ocupação florestal alto. Considerados com a nomenclatura de “Pastagem”, “Intermediário” e “Floresta”, respectivamente.

No grupo 01 o ponto 28 é o que mais se distancia do grupo, estando localizado na área de floresta, o que corrobora com os resultados de que a predominância deste grupo é formada por áreas de pastagem. Da mesma forma acontece com o grupo 02, este grupo é dividido entre floresta e área intermediária, sendo o ponto 05 o mais distante e o único ponto na pastagem. O grupo 03 não possui nenhum ponto de pastagem, sendo representado unicamente por floresta e áreas intermediárias (Tabela 1).

Tabela 1 - Agrupamento dos pontos amostrais das áreas pastagem, floresta e intermediário conforme análise dos componentes principais, na microbacia do rio Manicoré, Rolim de Moura- RO, 2023.

Local	ID	Parcela	Ponto amostral	Local	ID	Parcela	Ponto amostral
Pastagem	1	P1	1	Interm.	1	P3	15
Pastagem	1	P2	2	Interm.	2	P1	17
Pastagem	1	P3	3	Interm.	2	P4	20
Pastagem	1	P4	4	Interm.	3	P3	23
Pastagem	2	P2	6	Floresta	2	P1	29
Pastagem	2	P3	7	Floresta	2	P2	30
Pastagem	2	P4	8	Floresta	2	P3	31
Pastagem	3	P1	9	Floresta	2	P4	32
Pastagem	3	P2	10	Interm.	1	P1	13
Pastagem	3	P3	11	Interm.	1	P2	14
Pastagem	3	P4	12	Interm.	1	P4	16
Interm.	2	P2	18	Floresta	1	P1	25
Interm.	2	P3	19	Floresta	1	P2	26
Interm.	3	P1	21	Floresta	1	P3	27
Interm.	3	P2	22	Floresta	3	P1	33
Interm.	3	P4	24	Floresta	3	P2	34
Floresta	1	P4	28	Floresta	3	P4	36
Pastagem	2	P1	5	Floresta	3	P3	35

Fonte: Autora (2023).

Nota: Escala cinza conforme grupos de distribuição formados pela análise dos componentes principais. ID = Identificação da propriedade particular estudada, de 1 a 3 para cada local (pastagem, intermediário e floresta), possuindo quatro repetições em cada (P1 a P4). Os pontos 1 ao 12 são áreas com grau de ocupação florestal baixo, os pontos 13 ao 24 são áreas com grau ocupação florestal médio e os pontos 25 ao 36 são áreas com grau ocupação florestal alto. Considerados com a nomenclatura de “Pastagem”, “Intermediário” e “Floresta”, respectivamente.

O ponto 35 representa a área estudada “Floresta 3 - P3”, na interpretação do distanciamento deste ponto dos demais, observou-se que ele possui altos valores na análise de solo para a profundidade 0-40 cm, as variáveis SB, Argila e Densidade foram as mais expressivas, onde a SB possui 6,86 cmolc/kg sendo o único ponto que foi superior a 5,5 cmolc/kg. A variável argila resultou em 546 g/kg, valor 146 g/kg a mais que o segundo colocado para a variável, possuindo a maior quantidade de argila, logo, apresenta menor quantidade de silte e areia, apresentando 38g/kg e 416g/kg, respectivamente. Com o cálcio elevado, a amostra também esteve com a variável magnésio entre os maiores resultados. O menor valor de densidade também foi encontrado nesta amostra (0,9 kg/dm<sup>3</sup>), onde as demais variaram entre 1 e 1,5 kg/dm<sup>3</sup>, para a profundidade 40-80 cm



apenas a variável densidade apresentou diferença para as demais, com valor de 1,1 kg/dm<sup>3</sup>.

Dos doze pontos da área de pastagem, onze deles estão no Grupo 01, representado 64,71% das áreas deste grupo, já a área de vegetação intermediária representa 29,41% e a única área de floresta 5,88%. Os pontos de 1 a 12 estão em áreas de pastagens e do 30 ao 36 estão em áreas com vegetação intermediária, mostrando que as áreas de vegetação intermediária são mais semelhantes com áreas de pastagens do que com áreas de florestas. Nota-se que a partir do momento em que há mudanças nas características de solo e água o grupo muda também.

#### 5.4. DISCUSSÃO

A atividade pecuária é uma parte significativa da paisagem da microbacia do rio Manicoré, a presença de áreas florestais indica a presença de vegetação natural, que desempenham um papel fundamental na manutenção dos ecossistemas locais, na biodiversidade e na regulação do ciclo hidrológico (FEARNSIDE, 2006). As áreas com menor vegetação e solo exposto são resultado de diferentes intervenções humanas, na abertura de áreas para pastagem e estradas. A predominância de pastagens pode indicar uma pressão significativa sobre os recursos naturais da microbacia, a expansão das pastagens frequentemente está associada a desflorestamento e tem implicações para a biodiversidade, qualidade da água e saúde do ecossistema.

Solos rasos, pedregosos ou de textura arenosa podem intensificar os efeitos da deficiência de água na classificação do NDVI (SARTORI et al., 2009). A variável NDVI e cálcio da camada 0-40 cm possui correlação positiva o que sugere que áreas com níveis moderados de cálcio tendem a exibir um NDVI mais alto, indicando maior densidade de vegetação. O cálcio e o magnésio são cátions que podem competir por locais de troca no solo (MOREIRA et al., 1999).

Em relação à saturação por bases (V%), esse é um bom indicador de fertilidade do solo, podendo dividi-los em solos eutróficos (férteis) possuem  $V\% \geq 50\%$  e solos distróficos (pouco férteis) com  $V\% < 50\%$ . O índice V% baixo, significa que há pequenas quantidades de cátions, como  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{K}^+$ , saturando as cargas negativas dos colóides e que a maioria delas está sendo neutralizada por  $\text{H}^+$  e  $\text{Al}^{3+}$  (RONQUIM, 2010), como é o caso das áreas de pastagens e das áreas com vegetação intermediária, o que corrobora com os dados encontrados.

As variáveis no quadrante positivo na análise da ACP indicam que essas variáveis estão correlacionadas positivamente com a melhoria da qualidade do solo, da água e da vegetação nas áreas estudadas. Isso sugere que, quando os valores dessas variáveis aumentam, a qualidade ambiental também melhora. Portanto, essas variáveis podem ser indicadores importantes de boas condições ambientais, como a Soma de Bases das duas profundidades, maior capacidade de troca de cátions (CTC\*\* e CTC\*), maior porcentagem de cálcio (Ca\*) e assim por diante.

A habilidade das raízes penetrarem no perfil do solo diminui quando a densidade e a resistência do solo aumentam, o crescimento normal das plantas de cobertura ocorre até o limite de densidade de  $1,75 \text{ Mg m}^{-3}$  (REINERT et al., 2008). A variável densidade, que faz parte da caracterização física da estrutura do solo (PIRES et al., 2011), não é considerada um bom indicador de área degradada, conforme os resultados obtidos. Em ambas as profundidades estudadas (0-40 cm e 40-80 cm), a densidade está fortemente relacionada. É corriqueiro a informação de que o solo é um bom indicador de área degradada (SAMPAIO, 2006; COUTINHO et al., 2006), porém é pouco especificado se trata da parte física ou química do solo.

É observado que a variável densidade não é um bom indicador de recuperação ambiental. Considerando três áreas em diferentes profundidades, área preservada, área com pastagem e área cultivada a densidade aparente do solo não teve diferenças significativas nas três áreas estudadas (LUCAS et al., 2009). Dados de densidade do solo, variando entre e  $0,85$  a  $1,15 \text{ g cm}^{-3}$  foram encontrados em estudos de indicadores de qualidade dos solos de uma microbacia (LAGO et al., 2012), é proposto que a densidade deve ser inferior a  $1,0 \text{ g cm}^{-3}$  (GOEDERT, 2005).

Entre as variáveis soma de bases das duas profundidades de solo (0-40 cm= SB\* e 40-80 cm= SB\*\*) houve correlação positiva. A soma de bases da camada mais superficial (0-40 cm) está relacionada também com a CTC na profundidade 0-80 cm, pois o aumento da SB aumenta consequentemente a CTC, que é resultado da equação  $CTC = SB + Al$  enquanto a equação para obtenção da soma de base é  $SB = Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^{+}$  (RONQUIM, 2010).

As áreas com floresta apresentaram a maior média de condutividade elétrica da água, em sequência a área de pastagem e área de vegetação intermediária, diferente do que se esperava devido às áreas que possuem menor ação antrópica apresentarem a maior média de condutividade elétrica, sendo esta variável influenciada por entrada nos corpos d'água por fertilizantes e defensivos agrícolas que acabam aumentando as concentrações

iônicas assim como o aporte de resíduos provenientes da criação de bovinos, onde a presença de vegetação ciliar exerce efeito de absorção desses íons. Entende-se que o motivo desta alteração, é devido às áreas de florestas apresentarem a característica de lâmina d'água menos profunda, sendo assim havendo maior presença de sedimentos em suspensão o que pode favorecer a condutividade elétrica do ambiente (MOSCA, 2003; TUNDISI, 1988; CARVALHO et al., 2000 apud QUEIROZ et al., 2010).

Geralmente, a presença de vegetação, como a floresta, tende a manter níveis mais estáveis de oxigênio dissolvido e temperaturas mais baixas em comparação com áreas de pastagem, onde podem ocorrer variações mais acentuadas. A análise desses dados pode ser útil para monitorar e tomar decisões sobre o uso sustentável da terra e a conservação dos recursos hídricos na microbacia. Nota-se que os níveis de oxigênio dissolvido variaram significativamente entre as diferentes categorias de uso e ocupação do solo.

Nas áreas de pastagem, os valores de O.D variaram de 1,10 a 3,60 mg/L, sugerindo uma faixa relativamente baixa de oxigênio dissolvido na água. Essa variação pode ser devida a diferentes práticas de manejo, poluição ou outros fatores associados à pastagem. Nas áreas de floresta, os valores de O.D são mais altos, variando de 4,00 a 14,00 mg/L. Isso indica uma melhor qualidade da água em áreas florestais, onde a vegetação e a menor interferência humana ajudam a manter níveis mais elevados de oxigênio dissolvido. As áreas Intermediárias têm valores intermediários, variando de 1,40 a 4,00 mg/L.

## **5.5. CONCLUSÕES**

A microbacia do rio Manicoré é caracterizada pelo uso e ocupação do solo de 23,01% de área de floresta, 7,71% de vegetação rala, 68,17% de pastagem, 1,01% de solo exposto e 0,10% de água, destacando a predominância das pastagens e a presença significativa de áreas florestais.

As variáveis físico-químicas de solo, de água e o NDVI puderam ser agrupadas em três grandes grupos, sendo um grupo formado por áreas predominantes de pastagem com 12 pontos de pastagens, cinco pontos intermediários e 01 ponto de floresta, outro grupo formado por 04 pontos de vegetação intermediária, 04 pontos de floresta e 01 ponto de pastagem. O último grupo grande foi formado por 03 pontos intermediários e 06 pontos de floresta, evidenciando um grupo com predomínio florestal.

## 6. CAPÍTULO II - ÍNDICE DE RESILIÊNCIA EM ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE NA MICROBACIA DO RIO MANICORÉ

**RESUMO:** As Áreas de Preservação Permanente (APPs) são essenciais na proteção dos recursos naturais, na conservação da biodiversidade e no bem-estar humano na Amazônia. No entanto, a região enfrenta uma crescente pressão antrópica devido ao desenvolvimento regional, ao aumento populacional, à expansão da agricultura, à pecuária e à construção de infraestruturas. O desmatamento na Amazônia é uma das principais manifestações dessa pressão, com consequências significativas para a paisagem, os ecossistemas e a estabilidade geológica. Este estudo teve como objetivo identificar o índice de resiliência -IR- em propriedades particulares localizadas na microbacia do rio Manicoré, uma região sensível da Amazônia que sofre os impactos da atividade humana. A resiliência é a capacidade de um ecossistema se recuperar e se adaptar após ser submetido a perturbações ou distúrbios. Para atingir esse objetivo, o estudo se concentrou na relação entre água, solo e uso do solo como indicadores-chave. O estudo foi realizado em propriedades particulares na microbacia do rio Manicoré, divididas em três categorias de grau de ocupação florestal: aquelas com APP protegidas por mata ciliar, consideradas como “Floresta”, áreas com vegetação intermediária denominadas “Intermediário” que inclui fragmentos florestais e pastagens, e áreas sem APP preservadas com forrageiras identificadas como “Pastagem”. Para analisar a cobertura vegetal, foram utilizadas imagens de satélite do Landsat 8 e processadas no software QGIS. Quanto ao solo, foram coletadas amostras em duas profundidades, 0-40 cm e 40-80 cm, além de 36 amostras de água. Os resultados foram processados por meio da Análise de Componentes Principais (ACP), uma técnica estatística que reduz a dimensionalidade dos dados e identifica as variáveis mais significativas. As variáveis mais correlacionadas foram o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), que mede a cobertura vegetal, a soma de bases do solo na profundidade de 40-80 cm e o oxigênio dissolvido da água. Essas variáveis foram então usadas para calcular o Índice de Resiliência (IR) da microbacia do rio Manicoré. Os resultados revelaram uma notável variação no IR entre as diferentes categorias de uso da terra. As áreas de pastagem apresentaram o menor IR, com uma média de 7,83. As áreas com vegetação intermediária tiveram um IR um pouco maior, com média de 9,73. Em contraste, as áreas de floresta apresentaram o maior IR, com média de 18,21. A análise da distribuição dos pontos no gráfico demonstrou uma clara diferença na resiliência entre as áreas. As áreas de pastagem e vegetação intermediária mostraram uma aglomeração de pontos negativos, indicando uma baixa resiliência. Esses resultados destacam a importância da preservação das áreas florestais na Amazônia, não apenas para a conservação da biodiversidade, mas também para a manutenção da resiliência dos ecossistemas.

**Palavras-chave:** Ecossistemas. Ação antrópica. Regeneração natural. Conservação ambiental.

## 6.1. INTRODUÇÃO

A região Amazônica, conhecida por sua rica biodiversidade e importância ambiental global, enfrenta desafios significativos relacionados à ocupação humana e à degradação das Áreas de Preservação Permanente (APP). Segundo o Código Florestal Brasileiro, estabelecido na Lei n. 12.651/2012, às Áreas de Preservação Permanente têm um papel fundamental na preservação dos recursos hídricos, da paisagem, da estabilidade geológica e da biodiversidade, além de proteger o solo e garantir o bem-estar das populações humanas. A ausência de vegetação ciliar nos canais fluviais resulta em desequilíbrios socioambientais, reflexo das práticas de uso da terra e da dinâmica humana na bacia hidrográfica (CUNHA, 2008).

Nesse contexto, o uso das geotecnologias para monitorar o impacto da colonização na floresta nativa em microbacias na Amazônia Ocidental é promissor. As causas do desflorestamento, em grande parte, estão relacionadas a sistemas produtivos e a expansão da pecuária. A qualidade da bacia hidrográfica depende diretamente da interação entre a vegetação, o solo, o clima, o manejo do solo e as práticas de uso da terra (TOMER; SCHILLING, 2009).

O aprimoramento técnico-científico do índice de resiliência é uma necessidade urgente, e a avaliação dessa métrica não é tarefa simples, dada a falta de conhecimento substancial sobre a importância relativa e os valores de referência de cada atributo ou indicador a ser medido. Isso é especialmente desafiador quando se busca a recuperação de áreas degradadas, perturbadas, danificadas ou destruídas, assim como na ecologia da restauração, que se refere ao processo de auxiliar na reconstrução de ecossistemas após perturbações ou degradação (OLIVEIRA; ENGEL, 2011).

É importante entender a junção dos pontos em grupos para que seja possível provar que há mais semelhanças do que diferenças, nas áreas selecionadas, em relação a resiliência e o grau de ocupação. Assim, é possível observar que as características de solo e água estão intimamente ligadas entre si, fazendo o índice de resiliência mudar em relação aos grupos formados.

Entende-se que as áreas com florestas possuem capacidade de resiliência alta a ponto de que sofrendo perturbação, ainda consegue retornar à vegetação. As áreas que estão com pontos de solo exposto, não conseguem mais retornar com a vegetação nativa, possuindo baixa resiliência. A hipótese é que, o índice de resiliência da microbacia do rio Manicoré decresce das áreas mais florestadas até a menos florestada. Dessa forma, pode-se atrelar as áreas desse trabalho com grau de resiliência de forma científica e estatística

por meio de indicadores que demonstrem isso. O objetivo foi identificar o índice de resiliência, por meio da relação entre água, solo e a ocupação florestal.

## 6.2. MATERIAL E MÉTODOS

As áreas estudadas foram de 36 pontos amostrais na microbacia do rio Manicoré, sub-bacia do rio Muqui (Figura 1), localizadas na RO-010, Linhas 176, 172 e 168, lado Norte, no município de Rolim de Moura - RO, sentido ao município de Novo Horizonte D'Oeste - RO, com coordenadas geográficas Latitude  $11^{\circ}43'29.81''\text{S}$  e Longitude  $61^{\circ}51'4.88''\text{O}$ ; Latitude  $11^{\circ}43'28.41''\text{S}$  e Longitude  $61^{\circ}53'17.17''\text{O}$ ; Latitude  $11^{\circ}43'27.36''\text{S}$  e Longitude  $61^{\circ}55'29.16''\text{O}$ , respectivamente. O tipo de solo é predominante de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (SIPAM CTC-PV, 2006). O clima da região é do tipo Aw (BECK et al., 2018), a temperatura média é de  $25,3^{\circ}\text{C}$  (SEDAM, 2012).

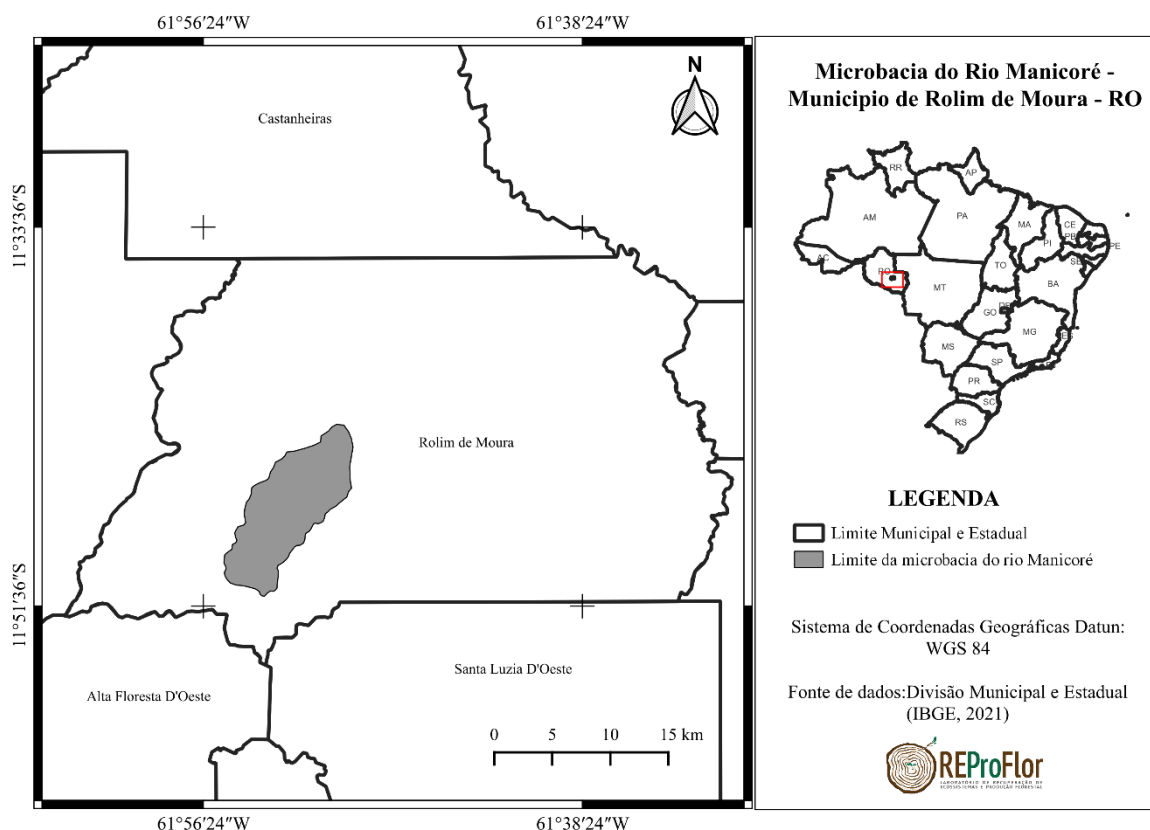


Figura 1 - Localização da microbacia do Rio Manicoré, Rolim de Moura-RO, 2023.

Foram escolhidas ao longo da microbacia do rio Manicoré áreas de preservação permanente com diferentes graus de ocupação florestal, denominadas de “Pastagem”,

“Intermediário” e “Floresta”. As áreas de pastagens foram compostas dos pontos (P) de 1 ao 12, áreas com vegetação intermediária correspondente aos pontos 13 ao 24 e as áreas com floresta do ponto 25 ao 36. A coleta das amostras de solo e água foram realizadas no período chuvoso no ano de 2021 e analisadas no laboratório de solos e no REProFlor-Laboratório de Recuperação de Ecossistemas e Produção Florestal, da UNIR, *Campus* de Rolim de Moura, respectivamente. Para analisar a cobertura vegetal fez-se uso de imagem de satélite do Landsat 8, órbita 231, ponto 68, de 03 de agosto de 2021, do site USGS, com resolução espacial de 30 m. As imagens foram tratadas no software QGIS 3.28.9 (versão Firenze) e aplicado o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI).

A Análise de Componentes Principais (ACP) foi utilizada para fazer os cruzamentos das variáveis de NDVI, solo (nas profundidades de 0-40 cm e 40-80 cm) e água. A análise de componentes principais (ACP) é uma técnica estatística de análise multivariada que consiste em transformar um conjunto de variáveis originais em outro conjunto de variáveis de mesma dimensão denominadas de componentes principais. A ACP objetiva explicar a estrutura da variância e covariância de um vetor aleatório, composto de  $p$ -variáveis aleatórias, por meio de combinações lineares das variáveis originais. A técnica agrupa os indivíduos de uma população segundo a variação de suas características, indicada para estabelecer índices (HONGYU, 2015). Utilizou-se a ACP para reduzir a matriz de dados, obtendo as variáveis que mais representam o ambiente. Para as análises estatísticas foi utilizado o *Software R* (Versão 4.1.1) pacote FactoMineR (LÊ et al., 2008).

Utilizando a abordagem da importância observada de cada variável para o índice de resiliência, com a escala de 1 a 5 para atribuir os pesos, onde:

- **1-** Indica "Baixa Importância".
- **3-** Indica "Importância Moderada".
- **5-** Indica "Alta Importância".

Os valores de 1 a 5 foram baseados na escala utilizada por Borges et al. (2022). Os valores foram atribuídos devido à importância baseada em Brancalion et al. (2015) conforme a correlação obtida na ACP. A variável NDVI resultou em 0,68, O.D em 0,56 e a SB em 0,95 para Dim 1, que indica uma correlação positiva com a melhoria da qualidade do solo, da água e da vegetação.

- NDVI: Importância = 5

- Variável de Água: Importância = 4
- Variável de Solo: Importância = 3

Para a determinação do Índice de resiliência da microbacia do rio Manicoré, criou-se a seguinte fórmula (OLIVEIRA, 2018):

$$IR = (QA_{OD} \times i) + (QS_{SB} \times i) + (NDVI \times i)$$

Onde:

IR = Índice de Resiliência;

i: Importância observada;

QA: Qualidade de Água (Oxigênio Dissolvido);

QS: Qualidade do Solo (Soma de Bases);

NDVI: Índice de Vegetação por Diferença Normalizada.

Foi estabelecido diferentes níveis de importância de indicadores, permitindo atribuir diferentes pesos, criando grupos de indicadores com alta, média e baixa importância.

### **6.3. RESULTADOS**

Os indicadores que mais se correlacionaram foram usados na análise final dos componentes principais (Figura 1), as variáveis foram o NDVI, soma de bases do solo na profundidade 40-80 cm e oxigênio dissolvido da água, neste caso não foi utilizado a temperatura da água como indicador mesmo possuindo correlação maior que o O.D, devido a possibilidade de influência do horário de coleta de uma amostra ao longo do dia.



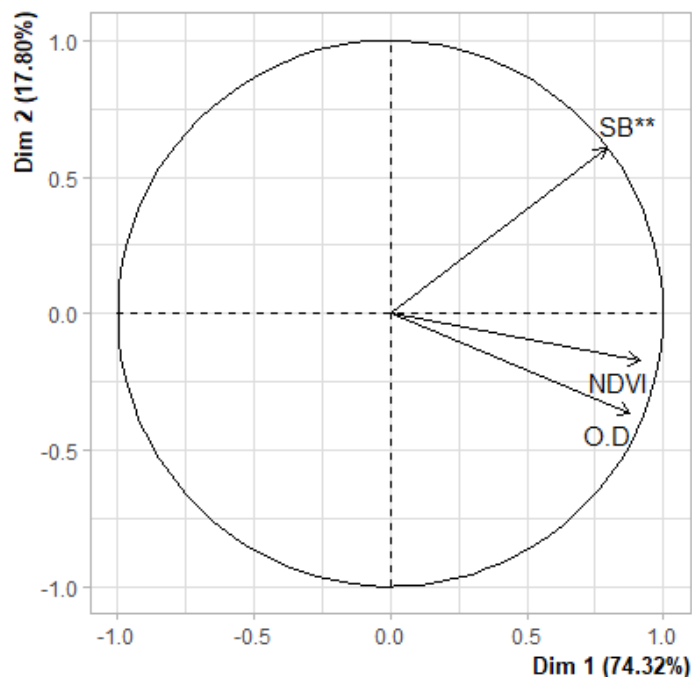


Figura 1 - Eixos de ordenação produzidos pela análise de componentes principais das variáveis de Oxigênio Dissolvido da água (O.D), Soma das Bases do solo (SB\*\*) e o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) em três graus de ocupação florestal “Pastagem”, “Intermediário” e “Floresta”, na microbacia do rio Manicoré, Rolim de Moura- RO, 2023.

Nota: Variável soma de bases (SB) inclui (\*\*) para identificar a profundidade de 40-80 cm do solo.

Obteve-se 92,12% de explicação, onde Dim 1 explica 74,32% da variação dos dados. Conforme a distribuição dos pontos (Figura 2), foi observada a discrepância entre as áreas, bem delimitada no gráfico, onde 67% dos pontos amostrais se aglomeram negativamente, formados pelas áreas de pastagens do 1 ao 12 e as áreas de vegetação intermediária do ponto 13 ao 24. Todos os pontos das áreas florestais ficaram positivos no gráfico.

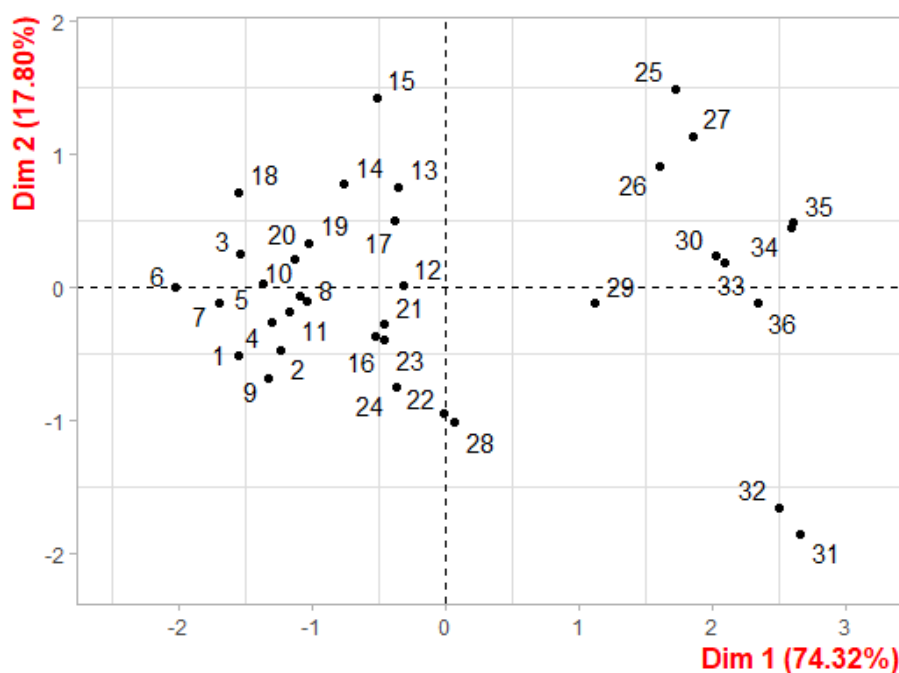


Figura 2 - Distribuição dos pontos amostrais da microbacia do rio Manicoré, Rolim de Moura- RO, 2023.

Nota: Os pontos 1 ao 12 são áreas com grau de ocupação florestal baixo, os pontos 13 ao 24 são áreas com grau ocupação florestal médio e os pontos 25 ao 36 são áreas com grau ocupação florestal alto. Considerados com a nomenclatura de “Pastagem”, “Intermediário” e “Floresta”, respectivamente.

O Índice de Resiliência (IR) variou entre 6,17 a 10,39 para as áreas de pastagens com média de 7,83, para as áreas com vegetação intermediária o IR esteve entre 7,46 a 10,87 com média de 9,73, já as áreas com florestas o IR esteve entre 11,34 a 22,72 com média de 18,21, maior que o dobro da média da área de pastagem (Tabela 1). Todos os 12 pontos das áreas com florestas apresentam os maiores IR, seguidos das áreas intermediárias, e áreas intercaladas com pastagens, sendo as áreas com menores valores de IR as áreas com pastagem.

Tabela 1 - Índice de Resiliência (IR) conforme as médias obtidas para cada área com grau ocupação florestal baixo “Pastagem”, médio “Intermediário” e alto “Floresta”, em Áreas de Preservação Permanente na microbacia do rio Manicoré, Rolim de Moura- RO, 2023.

Local	Índice de Resiliência (IR)
Pastagem	7,83
Intermediário	9,73
Floresta	18,21
<b>Média Geral</b>	<b>11,92</b>

Fonte: Autora (2023).

#### 6.4. DISCUSSÃO

As áreas de florestas amostradas neste estudo, estão sofrendo com a pressão antrópica. Segundo Aurélio Neto et al. (2015) e Antunes et al. (2019), a maioria das áreas de APP sofrem pressão antrópica, principalmente aquelas próximas de zonas urbanas, como é o caso da microbacia do rio Manicoré. A resiliência de uma área tende a ser maior quanto menor for o grau de interferência humana nesta região. Além disso, a presença de gramíneas pode indicar um baixo potencial de regeneração em ecossistemas florestais. No entanto, é importante ressaltar que a resiliência de uma área depende de variáveis, incluindo a qualidade da água, do solo e da vegetação. Quando essas variáveis são inadequadas, a capacidade de regeneração da área tende a ser reduzida, resultando em uma menor resiliência. Se a área estiver com grau de ocupação florestal baixo, significa que o nível de resiliência está tão baixo que não consegue retornar, pois caso contrário estaria com floresta demonstrando sua capacidade de se recuperar e restaurar o ecossistema (OLIVEIRA et al., 2022).

O desenvolvimento regenerativo da floresta em áreas de pastagens não é facilmente perceptível devido às densas raízes e à expansiva cobertura da vegetação existente nessas áreas. Mesmo quando árvores doadoras de sementes estão presentes, a germinação delas é raramente observada, devido a semente ficar acima do solo. Nos pontos onde há solo exposto se torna ainda mais difícil a germinação, devido a semente ao se encontrar com o solo receber insolação direta, perdendo o potencial germinativo. Geralmente as espécies florestais que restam nas pastagens são clímax (MACEDO, 2008), estão no final do processo de sucessão florestal e suas sementes são ainda mais recalcitrantes (NEVES, 1994).

Não há um protocolo para determinação de índices de resiliência na literatura, portanto, é proposto utilizar os dados desse trabalho para classificar essas áreas. A análise de distribuição dos pontos no gráfico permite entender que a aglomeração de pontos negativos nas áreas de pastagem e vegetação intermediária sugere uma baixa resiliência nesses ambientes. Em contraste, a maioria dos pontos das áreas florestais aparecem no lado positivo, indicando maior resiliência nesses ecossistemas. Os valores do Índice de Resiliência variam consideravelmente entre as áreas de pastagem, vegetação intermediária e floresta. É notável que as áreas florestais apresentam os maiores valores médios de IR indicando maior capacidade de regeneração e recuperação. As áreas de pastagem, por outro lado, têm os menores valores médios de IR indicando resiliência baixa.

Diante do exposto, observa-se que as áreas de pastagens geralmente apresentam um baixo grau de resiliência. Isso ocorre porque essas áreas contêm algumas espécies florestais de grande porte, em contraste com as áreas que exibem uma heterogeneidade no dossel das árvores. Portanto, a presença de forrageiras em uma área não deve ser considerada, por si só, como sinônimo de resiliência, especialmente quando o grau de ocupação florestal é reduzido.

De acordo com os dados obtidos, o índice de resiliência está diretamente relacionado com o grau de ocupação. A resiliência de uma área tende a ser maior quando há menor interferência humana na região. Isso destaca a importância da conservação e proteção de áreas com menor grau de ocupação e perturbação, como as florestas. A resiliência de uma área não depende apenas do grau de ocupação florestal, mas também de outras variáveis, como a qualidade da água, do solo e da vegetação. Quando essas variáveis não são adequadas, a capacidade de regeneração da área é prejudicada. Os resultados indicam que as áreas florestais apresentam os maiores valores de IR, enquanto as áreas de pastagem têm os menores valores, corroborando a relação entre ocupação florestal e resiliência.

## **6.5. CONCLUSÕES**

Baseado neste estudo é possível concluir que o índice de resiliência para as áreas com alto grau de ocupação florestal foi em média maior que o dobro do IR da área de pastagem com 18,21 e 7,83, respectivamente, para as áreas de vegetação intermediária a média ficou em 9,73. Dessa forma, observa-se que a resiliência na microbacia do rio Manicoré diminui à medida que se avança das áreas mais densamente florestadas para as menos arborizadas. As variáveis soma de bases, oxigênio dissolvido e NDVI são classificadas como de baixa, moderada e alta importância, respectivamente.

## **7. CONCLUSÃO GERAL**

Com base na análise da microbacia do rio Manicoré, destacam-se as características predominantes de uso e ocupação do solo: uma área significativa de pastagem, representando 68,17%, seguida por 23,01% de floresta, 7,71% de vegetação rala, 1,01% de solo exposto e 0,10% de água. Essa distribuição ressalta a predominância das pastagens, apesar da presença significativa de áreas florestais na região.

As variáveis físico-químicas do solo, da água e o NDVI foram agrupadas em três conjuntos distintos. O primeiro grupo é composto por áreas majoritariamente de

pastagem, seguido por um segundo grupo que abrange áreas de vegetação intermediária e floresta e um terceiro grupo, onde prevalecem áreas de floresta.

Os resultados evidenciam que as áreas com maior cobertura florestal apresentaram índices de resiliência consideravelmente superiores em comparação às áreas de pastagem. Especificamente, as áreas com alta ocupação florestal exibiram um índice de resiliência médio mais de duas vezes maior do que as áreas de pastagem (18,21 em comparação com 7,83, respectivamente). Para as áreas de vegetação intermediária, a média do índice de resiliência ficou em 9,73.

Em geral, essa análise mostra uma tendência de diminuição da resiliência à medida que se transita de áreas densamente florestadas para as menos arborizadas. Além disso, as variáveis Soma de Bases, Oxigênio Dissolvido e NDVI foram classificadas como de baixa, moderada e alta importância, respectivamente, destacando suas relevâncias na avaliação da resiliência na microbacia do rio Manicoré.

## 8. REFERÊNCIAS

AMIN, M. M. A Amazônia na geopolítica mundial dos recursos estratégicos do século XXI. **Revista Crítica de Ciências Sociais [Online]**, v. 107, p. 17-38, 2015. Disponível em: <<https://journals.openedition.org/rccs/5993>>. Acesso em: 11 ago. 2023.

AMORIM, M. F.; QUELHAS, O. L. G.; MOTTA, A. L. T. S. A resiliência das cidades frente a chuvas torrenciais: Estudo de caso do Plano de Contingência da Cidade do Rio de Janeiro. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 26, n. 3, p. 519-534, 2014.

Disponível em:

<<https://www.scielo.br/j/sn/a/Ls3CfsprPXGqB6p6skB7mpJ/?format=pdf&lang=pt>>.

Acesso em: 16 mai. 23.

ANTUNES, C. V. LOURENCO A. P. N.; SILVA, E. L. P.; HERMENEGILDO W.; KRELLING, A. P.; TONETTI, E. L.; SANTOS, E. A pressão antrópica nas áreas de captação de água no município de Antonina - Estado do Paraná. **Guaju**, Matinhos, v.5, n.2, p. 42-53, jul./dez. 2019. Disponível em:

<<https://revistas.ufpr.br/guaju/article/download/70815/40123>>. Acesso em 09 set. 2023.

APHA. **Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water**. 22nd ed. Washington, D.C.: American Public Health Association; 2012.

ARAGÓN, L. E. A dimensão internacional da Amazônia: Um aporte para sua interpretação/The international dimension of the Amazon: a contribution for its interpretation. **Revista Nera**, [S. l.], n. 42, p. 14–33, 2018. DOI:

10.47946/rnera.v0i42.5676. Disponível em:

<<https://revista.fct.unesp.br/index.php/nera/article/view/5676>>. Acesso em: 13 ago. 2023.

AURELIO NETO, O.; GARÇÃO, L. M. C.; EPIFANIO, M. G. Impacto da alteração dos parâmetros de delimitação de APP em topo de morro no município de Porangatu – Goiás – Brasil. **Revista de Geografia da UEG** – Anápolis, v.4, n.2, p.196-210, jul./dez. 2015. Disponível em:

<<https://www.revista.ueg.br/index.php/elisee/article/view/4283/2807>>. Acesso em: 09 set. 2023.

BARROS, A. S.; FARIAS, L. M.; MARINHO, J. L. A. Aplicação do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) na Caracterização da Cobertura Vegetativa de Juazeiro Do Norte – CE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.13, n.06, 2020. Disponível em:

<<https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/246669/38048>>. Acesso em: 15 ago. 2023.

BARTHOLO JÚNIOR, R. S.; BURSZTYN, M. **Amazônia sustentável: uma estratégia de desenvolvimento para Rondônia**. Porto Velho: PNUD, Edições Ibama, 2000. 246p.

BECK, H. E.; ZIMMERMANN, N. E.; MCVICAR, T. R.; VERGOPOLAN, N. BERG, A.; WOOD, E. F. Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution. **Scientific Data**, v. 5:180214, 2018. DOI: 10.1038/sdata.2018.214

BECKER, B. K. **Amazônia**. Série Princípios. São Paulo: Ed. Ática, 1997.

BECKER, B. K. Geopolítica da Amazônia. **Estudos Avançados**, v. 19, n. 53, p. 71-86, 2005. Disponível em:

<<https://www.scielo.br/j/ea/a/54s4tSXRLqzF3kgB7qRTWdg/abstract/?lang=pt>>. Acesso em 10 ago. 2023.

BENTES-GAMA, M. de M. **Orientações para a pesquisa florestal em Rondônia**. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2005. 6p. (Embrapa Rondônia. Comunicado Técnico, 290).

BEZERRA, M. V. F.; ALVES, T. R.; PARANHOS FILHO, A. C. Análise multitemporal, com base no Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), da cobertura vegetal da Reserva Particular de Patrimônio Natural Penha (RPPN Penha), em Corumbá/MS. In: **Anais...**, 2016, Cuiabá, MT: Embrapa Informática Agropecuária/INPE, 2016. p. 191-196. Disponível em: <

<https://www.geopantanal.cnptia.embrapa.br/2016/cd/pdf/p136.pdf>>. Acesso em 11 set. 2023.

BLANK, D. E.; SZCZEPANIAK, R. F.; ALMEIDA, M. T.; SCHAUN, C. D.; VIEIRA, J. G. Caracterização Físico-Química e Microbiológica de Água de Poços Rasos do Bairro Três Vendas, Pelotas-RS. **XII ENPOS-II Mostra Científica**, 2010.

BRANCALION, P. H. S.; GANDOLFI, S.; RODRIGUES, R. R. **Restauração florestal**. São Paulo: Oficina de Textos. 2015. Disponível em:

<[http://www.lcb.esalq.usp.br/sites/default/files/publicacao\\_arq/978-85-7975-019-9.pdf](http://www.lcb.esalq.usp.br/sites/default/files/publicacao_arq/978-85-7975-019-9.pdf)>. Acesso em: 13 set. 2023.

BRANDÃO, Z. N.; BEZERRA, M. V. C.; SILVA, B. B. Uso do NDVI para determinação da biomassa na chapada do Araripe. In: Simpósio Brasileiro De Sensoriamento Remoto. **Anais...** Florianópolis: Inpe, 2007. p. 78 - 81. Disponível em: <<http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.15.13.39.22/doc/75-81.pdf>>. Acesso em: 15 ago. 2023.

BORGES, F. F.; SILVA, D. F. R.; GOMES, M. S. Avaliação da Resiliência Ambiental em um Local Antropizado. **Ciência & Tecnologia: Fatec-JB, Jaboticabal-SP**, v. 14, n. 1, p. 28-33, 2022. Suplemento: anais do Simpósio de Tecnologia Fatec Jaboticabal (SITEC-JB) realizado no período de 09 a 11 de novembro de 2022.

BORGES FILHO, A. R.; NETO, J. P. S.; MASSOLI JUNIOR, E. V. Desmatamento em Área de Preservação Permanente (APP) no perímetro urbano do rio Cuiabá: Uma análise entre os anos 1998 e 2012. **Revista eletrônica do UNIVAG**. 2015. Disponível em: <<https://periodicos.univag.com.br/index.php/CONNECTIONLINE/article/viewFile/200/454>>. Acesso em: 14 ago. 2023.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. **Institui o novo código florestal brasileiro**. Disponível em: <[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm)>. Acesso em: 19 mai. 2023.

BRASIL. Portaria Nº 2.914/2011. **Ministério da Saúde**. Secretaria de Vigilância em Saúde. 2011. Disponível em: <[bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914\\_12\\_12\\_2011](http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011)> Acesso em: 09 abr. 2023.

BRIGANTE, J.; ESPÍNDOLA, E. L. G. **Limnologia Fluvial: um estudo no rio Mogi-Guaçu**. São Carlos: RiMa, 2003. 278 p.

BOCHNER, J. K. **Serviços Ambientais Gerados pela Floresta De Mata Atlântica na Qualidade do Solo**. Monografia Curso Engenharia Florestal, Instituto de Florestas da UFRJ. Seropédica, RJ Janeiro, 2007.

BRUIJN, K. M. **Resilience and flood risk management**. *Water Policy*, v. 6, n. 1, p. 53– 66, 2004.

BUSCHBACHER, R. **A teoria da resiliência e os sistemas socioecológicos: Como se preparar para um futuro imprevisível**. Boletim regional, urbano e ambiental, v. 09. 2014. Disponível em: <[https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/5561/1/BRU\\_n09\\_teorias.pdf](https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/5561/1/BRU_n09_teorias.pdf)>. Acesso em: 14 ago. 2023.

CARON, B. O.; SILVA, J. C.; DENISE S.; OLIVEIRA E; BORCHART L.; SILVA, V. Avaliação da Temperatura do ar em Rolim de Moura/RO. **XV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia**, 2007, Aracaju, SE. Disponível em: <<http://www.sbagro.org/files/biblioteca/3214.pdf>>. Acesso em: 10 abr. 2023.

CARVALHO, C. L; OLIVEIRA, L. C; LEMOS, M. S. **Tratamento de águas industriais - Determinação do pH em amostras de água de poço e de torneira**.

**Belém.** 2011. Disponível em:

<<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAevLUAE/determinacao-ph-amostras-agua-poco-torneira>>. Acesso em: 09 abr. 2023.

COSTA, D. D.; KEMPKA, A. P.; SKORONSKI, E. A contaminação de mananciais de abastecimento pelo nitrato: o panorama do problema no Brasil, suas consequências e as soluções potenciais. **Revista Eletrônica Prodema**, Fortaleza, 2016, v. 10, n. 2, p. 49-61.

COSTA, W. M. **O Estado e as Políticas Territoriais no Brasil**. Ed. Contexto. 1997. 7ª ed. 83 p.

COUTINHO, H. L. C.; PRADO, R. B.; DONAGEMMA, G. K.; POLIDORO, J. C.; GONÇALVES, A. O.; ANDRADE, A. G. **Qualidade de Solo e Água como Indicadores de Recuperação de Áreas Degradadas Submetidas a Manejo Agroflorestal**. Boletim de pesquisa e desenvolvimento/Embrapa Solos. 2006. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPS-2010/14933/1/bpd100-2006-qual-solo-agua.pdf>>. Acesso em: 07 set. 2023.

COVRE, E. **Caracterização de nascentes, cursos d'água e APP's em microbacia urbana – Estudo de caso do Córrego Baú em Cuiabá-MT, Brasil**. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos) - Universidade Federal do Mato Grosso. Cuiabá, p. 105, 2010. Disponível em: <<https://www.livrosgratis.com.br/ler-livro-online-94690/caracterizacao-de-nascentes-cursos-de039agua-e-app039s-em-micro-bacia-urbana---estudo-de-caso-do-corrego-bau-em-cuiaba-mt-brasil>>. Acesso em 09 abr. 2023.

CRACRAFT, J. "Historical Biogeography and Patterns of Differentiation within the South American Avifauna: Areas of Endemism". **Ornithological Monographs**, n. 36, 1985, pp. 49-41.

CRICHTON, D. The risk triangle. **Natural Disaster Management**, p. 102–103, 1999.

CUNHA, S. B. Morfologia dos Canais Urbanos. (Org.:). POLETO, C. **Ambiente e Sedimento**. Porto Alegre: ABRH, 2008.

DECHOUM, M. S.; ARELLANO, L. Desafios para a manutenção de serviços ecossistêmicos em parque municipal no sul do Brasil. **Neotropical Biology and Conservation**, v. 11, n. 3, p. 153-164. 2016. Disponível em: <<https://leimac.sites.ufsc.br/wp-content/uploads/2019/05/Dechoum-Arellano-2016.pdf>>. Acesso em 14 ago. 2023.

DE GROOT, R. S.; WILSON, M. A.; BOUMANS, R. M. J. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. **Ecological Economics**, v. 41, n. 3, p. 393-408. 2002. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921800902000897?via%3Dihub>>. Acesso em 14 ago. 2023.

DE PAULA, S. C.; ROSA, C. N.; NETO, F. L.; SOUZA, E. F. M.; BAUMHARDT, E.; STACHIW, R.; TASSI, R. Análise Temporal do Uso e Ocupação do Solo através de



Imagens de Satélite: Uma avaliação da degradação ambiental na bacia hidrográfica do Rio Anta Atirada – RO. 2016. **Amazônia: Instrumentos para gestão de recursos hídricos**, p. 103-114.

DONADIO, N. M. M.; GALBIATTI, J. A.; DE PAULA, R. C. Qualidade da água de nascentes com diferentes usos do solo na bacia hidrográfica do Córrego Rico, São Paulo, Brasil. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.25, n.1, p.115-125, jan./abr. 2005. Disponível em:  
<<https://www.scielo.br/j/eagri/a/m9KzFQywkjqVLCZZdhT7JsF/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 10 abr. 2023.

FEARNSIDE, P. M. **Desmatamento e desenvolvimento agrícola na Amazônia brasileira**. Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém, pp. 207-222, 1991. Disponível em:  
<[http://philip.inpa.gov.br/publ\\_livres/1991/Desmat%20e%20desenv%20agricola.pdf](http://philip.inpa.gov.br/publ_livres/1991/Desmat%20e%20desenv%20agricola.pdf)>. Acesso em: 11 ago. 2023.

FEARNSIDE, P. M. Desmatamento na Amazônia: dinâmica, impactos e controle. **Acta Amazônica**, v. 36, n. 3, p. 395-400, 2006. Disponível em:  
<<https://www.scielo.br/j/aa/a/97R3WH4L93x74Sr5q7X7BVy/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em 11 set. 2023.

FERNANDES, L. C.; GUIMARÃES, S. C (Coord.). **Atlas geoambiental de Rondônia**. Porto Velho: SEDAM, 2001. v.2, 74p.

FERNANDES, M. M. **Valoração dos Serviços Ambientais da Floresta de Mata Atlântica associados à Qualidade e Quantidade da Água na APA do Sana**. Tese. 115 f. 2009. Disponível em:  
<[http://bibliotecaflorestal.ufv.br/bitstream/handle/123456789/9967/Tese\\_Milton%20Marques%20Fernandes.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://bibliotecaflorestal.ufv.br/bitstream/handle/123456789/9967/Tese_Milton%20Marques%20Fernandes.pdf?sequence=1&isAllowed=y)>. Acesso em: 14 ago. 2023.

FERREIRA, L. R; ARAUJO, P. F. C.; MARQUES, R. W. C. Avaliação de um projeto de desenvolvimento sustentável em Rondônia. **Economia e Sociedade**, Campinas, v. 15, n. 2, p. 401-408, ago. 2006. Disponível em:  
<[https://www.eco.unicamp.br/images/arquivos/artigos/615/Nota\\_1\\_Leo.pdf](https://www.eco.unicamp.br/images/arquivos/artigos/615/Nota_1_Leo.pdf)>. Acesso em 13 ago. 2023.

FERREIRA, V. O.; MAGALHÃES, M. V. P. Aplicação do Índice da Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) à Análise Multitemporal da Dinâmica de Áreas Agrícolas no Alto Curso da Bacia do Rio Uberabinha, Minas Gerais. **Caderno de Geografia**, v.25, n.44, 2015. Disponível em:  
<<http://periodicos.pucminas.br/index.php/geografia/article/view/9392/7894>>. Acesso em 14 ago. 2023.

FUNASA. Fundação Nacional de Saúde. **Manual Prático de Análise de Água**. Brasília: FUNASA, 2006. Disponível em:  
<[http://bvsmis.saude.gov.br/bvs/publicacoes/manual\\_analise\\_agua\\_2ed.pdf](http://bvsmis.saude.gov.br/bvs/publicacoes/manual_analise_agua_2ed.pdf)>. Acesso em: 09 abr. 2023.

FUNDAÇÃO S.O.S. MATA ATLÂNTICA (SOSMA). **Águas e Florestas da Mata Atlântica: por uma gestão integrada**. São Paulo: SOSMA, 2003.

GALVANIN, E. A. S.; NEVES, S. M. A. S.; CRUZ, C. B. M.; NEVES, R. J.; DE JESUS, P. H. H.; KREITLOW, J. P. Avaliação dos índices de vegetação NDVI, SR e TVI na discriminação de fitofisionomias dos ambientes do pantanal de Cáceres/MT. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 3, p. 707-715, jul.-set., 2014. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/cflo/a/TVwk3pBfDsd8Gkh6MCg87mh/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em 15 ago. 2023.

GOEDERT, WENCESLAU J. – Qualidade do Solo em Sistemas de Produção Agrícola **Anais... XXX Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, 2005.

HONGYU, K.; SANDANIELO, V. L.; OLIVEIRA JUNIOR. Análise de Componentes Principais: resumo teórico, aplicação e interpretação. **E&S - Engineering and Science**. Volume 1, Edição 5. 2015.

IBGE. **Amazônia Legal**. 2023a. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/mapas-regionais/15819-amazonia-legal.html?=&t=o-que-e>>. Acesso em: 01 abr. 2023.

IBGE. **Cidades**. 2021. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ro/rolim-de-moura/panorama>>. Acesso em: 09 abr. 2023.

IBGE. **Mapas**. 2023b. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/mapas-regionais/15819-amazonia-legal.html#:~:text=A%20Amaz%C3%B4nia%20Legal%20%C3%A9%20dividida,Amap%C3%A1%20Tocantins%20e%20Mato%20Grosso.>>. Acesso em: 01 abr. 2023.

INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE. **Queimadas**. Situação Atual. Disponível em: <<https://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/portal-static/situacao-atual/>>. Acesso em: 07 jun. 2023.

KOBIYAMA, M. **Prevenção de Desastres Naturais: Conceitos Básicos**. 1. ed. Curitiba: Organic Trading, 2006.

LAGO, W. N. M.; LACERDA, M. P. C.; NEUMANN, M. R. B. Indicadores de qualidade dos solos na microbacia do Ribeirão Extrema, Distrito Federal: Parte II. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.16, n.7, p.721–729, 2012. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/mkMHnQTM7x3QMvRFqqm5MGm/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em 07 set. 2023.

LÊ, S.; JOSSE, J.; HUSSON, F. FactoMineR: An R Package for Multivariate Analysis. **Journal of Statistical Software**, v. 25, n. 1, p. 1-18, 2008. DOI: 10.18637/jss.v025.i01.

LEI N. 4.437, de 17 de dezembro de 2018. Casa Civil. **Governo do Estado de Rondônia**, 2018. Disponível em: <<https://sapl.al.ro.leg.br/media/sapl/public/normajuridica/2018/8761/l4437.pdf>>. Acesso em: 14 ago. 2023.

LIMA, L. C. M.; SANTOS, T. E. M.; SOUZA, E. E.; OLIVEIRA, E. L. Práticas de manejo e conservação do solo: Percepção de agricultores da Região Semiárida pernambucana. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Revista Verde - ISSN 1981-8203 - (Pombal - PB) v. 11, n.4, p.148-153, out-dez, 2016. Disponível em: < <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7280977.pdf>>. Acesso em 19 mai. 2021.

LUCAS, A. A. T.; SANTANA, M. B. S.; MAGALHÃES, L. T. S.; AGUIAR NETTO, A. O.; FACCIOLI, G. G. Classificação de nascentes e análise física do solo na microbacia do riacho Timbó, região nordeste. **Anais...** 2009. Disponível em: <<https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/1271/1/Classifica%20a7%20a3oDeNascentes.pdf>>. Acesso em 07 set. 2023.

MACEDO, S. T. **Crescimento inicial de espécies pioneiras e clímax em resposta a aplicação de calcário e formulações de NPK em plantios para recuperação de áreas degradadas na região do rio Urucu, Coari – AM**. Dissertação. 59 f. 2008. Disponível em: < [https://repositorio.inpa.gov.br/bitstream/1/5053/1/Sheron\\_Macedo.pdf](https://repositorio.inpa.gov.br/bitstream/1/5053/1/Sheron_Macedo.pdf)>. Acesso em 11 set. 2023.

MAPBIOMAS. **Coleções MapBiomias**. Disponível em: <<https://brasil.mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas/>>. Acesso em 06 set. 2023.

MARIATH J. E. A.; SANTOS, R. P. **Os avanços da Botânica no início do século XXI: Morfologia, Fisiologia, Taxonomia Ecologia e Genética (org.)**. Porto Alegre: Sociedade Botânica do Brasil, p. 388-392.

MELO, E. T.; SALES, M. C. L.; OLIVEIRA, J. G. B. Aplicação do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) Para análise da degradação ambiental da microbacia hidrográfica do Riacho dos Cavalos, Crateús-CE. **Revista RA'E GA**, V. 23, P. 520-533. 2011. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/raega/article/view/24919>>. Acesso em 15 ago. 2023.

MIGUEL, L. M. **Uso Sustentável da Biodiversidade na Amazônia Brasileira: Experiências Atuais e Perspectivas das Bioindústrias de Cosméticos e Fitoterápicos**. Dissertação (Mestrado em Geografia Humana) - Universidade de São Paulo. 2007. 160 p. Disponível em: < <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8136/tde-13052008-154603/pt-br.php>>. Acesso em: 19 de ago. 2020.

MILLENIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. 2003. **Ecossistemas e o Bem-estar Humano: Estrutura para uma Avaliação**. Washington, World Resources Institute, 32 p. Disponível em: <<https://millenniumassessment.org/documents/document.63.aspx.pdf>>. Acesso em: 14 ago. 2023.

MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; BROOKS, T. M.; PILGRIM, J. D.; KONSTANT, W. R.; FONSECA, G. A. B. e KORMOS, C. "Wilderness and Biodiversity Conservation". **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 100, n. 18, 2003, p. 10309-10313.

MOLDAN, B.; CERNY, J. **Biogeochemistry of small catchments**: A tool for environmental research. Chichester: John Wiley & Sons, 1994. p.419.

MOREIRA, A.; CARVALHO, J. G. de; EVANGELISTA, A. R. Influência da relação cálcio:magnésio do corretivo na nodulação, produção e composição mineral da alfafa. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 2, p. 249-255, 1999. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v34n2/8735.pdf>>. Acesso em: 12 set. 2023.

MORETO, R. F.; MIRA, S. F.; SOARES, G. S.; SANTOS JUNIOR, N. R. F.VENDRUSCOLO, J.; CAVALHEIRO, W. C. S.; STACHIW, R.; ROSA, D. M. Potencial das geotecnologias para monitoramento do impacto da colonização na floresta nativa na microbacia do rio Enganado, Amazônia Ocidental, Brasil. **Revista Científica Multidisciplinar**. 2021.

NEVES, C. S. V. J. Sementes recalcitrantes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n.9, p.1.459-1.467. set 1994. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/212919/1/Sementes-recalcitrantes.pdf>>. Acesso em 11 set. 2023.

OKUMURA, A. T.R.; SILVA, A. G.; SILVA, N. R. S.; LOPES, E. R. N.; BIFANO, R. B. A.; QUILENATO, R. V. Determinação da qualidade da água de um rio tropical sob a perspectiva do uso. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.13, n. 04. (2020) 1835-1850. Disponível em: <<https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/243982/36130>>. Acesso em: 13 ago. 2023.

OLIVEIRA, E. A. A. Q. **Identidade Territorial e Agricultura Familiar no Município de Rolim de Moura (RO)**. Dissertação. 2017. Disponível em: <<http://repositorio.unitau.br/jspui/bitstream/20.500.11874/1088/1/MARIA%20ANTONIA%20FERNANDES%20NABARRO%20DE%20OLIVEIRA%20BENATI.pdf>>. Acesso em: 09 abr. 2023.

OLIVEIRA, L. N. **Análise da capacidade de resiliência do ambiente na área do baixo curso da bacia hidrográfica do rio Poti (Piauí)**. Tese. Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal de Pernambuco. 131f. 2018.

OLIVEIRA, L. N.; AQUINO, C. M. S. Índice de Resiliência Natural como recurso para planejamento e gestão na sub-bacia hidrográfica do Rio Gurguéia – Piauí. **Revista InterEspaço**, v. 08, p. 01-18. Maranhão. 2022. Disponível em: <<https://periodicoseletronicos.ufma.br/index.php/interespaço/article/view/17756/1164>>. Acesso em: 15 ago. 2023.

OLIVEIRA, L. N.; CUNHA, L. J. S.; CRUZ, M. L. B.; PEREIRA, E. C. Índice de resiliência natural em bacias hidrográficas: o caso do baixo curso do rio Poti. **Caminhos de Geografia**, v. 21, n. 75, p. 185-200. 2020. Disponível em: <<https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/51190/29015>>. Acesso em: 15 mai. 23.

OLIVEIRA, L. N.; CUNHA, L. S.; PEREIRA, E. CRUZ, M. L. B. Abordagem metodológica para determinar a capacidade de resiliência ambiental em bacias hídricas. **Revista GeoAmazônia**, Belém, v.10, n.19, pág.01-22, 2022.

OLIVEIRA, R. E.; ENGEL, V. L. A restauração ecológica em destaque: um retrato dos últimos vinte e oito anos de publicações na área. **Oecologia Australis**, 15(2): 303-315, 2011.

ORGANIZAÇÃO DO TRATADO DE COOPERAÇÃO AMAZÔNICA - **OTCA** - Disponível em: <<http://otca.org/pt/>>. Acesso em: 13 ago. 2023.

PENNA FILHO, P. Reflexões sobre o Brasil e os desafios Pan-Amazônicos **Revista Brasileira de Política Internacional**, 56 (2): 94-111 [2013]. Disponível em:< <https://www.scielo.br/j/rbpi/a/Sn48BCnQ93KzGgbFsPnp5fn/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 11 ago. 2023.

PEREIRA, D. G. **Rolim De Moura**: Uma Cidade do Agronegócio na Fronteira Agrícola Amazônica. 2017. Disponível em: <<https://dspace.unila.edu.br/bitstream/handle/123456789/3728/TCC%20DENISE%20FIAL%202017%20%20%281%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em 27 abr. 23.

PIRES, L. F.; ROSA, J. A.; TIMM, L. C. Comparação de métodos de medida da densidade do solo. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 1, p. 161-170, 2011. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/asagr/a/NsWPKVJtJnmGVhtVYLNH8XQ/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 07 set. 2023.

PODER JUDICIÁRIO DO ESTADO DE RONDÔNIA – **TJRO**. 2022. Disponível em: <<https://www.tjro.jus.br/mn-comarcas-rolim-de-moura>>. Acesso em: 01 abr. 2023.

PRATES, R. C.; BACHA, C. J. C. Os processos de desenvolvimento e desmatamento da Amazônia. **Economia e Sociedade**, v. 20, n. 3 (43), p. 601-636, dez. 2011. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/ecos/a/59DMY3zmJdPHXzXRshTKmNF/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 11 ago. 2023.

QUEIROZ, M. M. F.; IOST, C.; GOMES, S. D; BOAS, M. A. Influência do uso do solo na qualidade da água de uma microbacia hidrográfica rural. **Revista Verde** (Mossoró – RN – Brasil) v.5, n.4, p. 200 - 210 outubro /dezembro de 2010. Disponível em: <<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7459665.pdf>>. Acesso em: 07 set. 2023.

REINERT, D. K.; ALBUQUERQUE, J.A.; REICHERT, J. M.; AITA, C.; ANDRADA, M. M. C. Limites críticos de densidade do solo para o crescimento de raízes de plantas de cobertura em argissolo vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 32:1805-1816, 2008. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbcs/a/5WjW8tsqwwWS6xRyMftbvJM/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 07 set. 2023.

RESENDE, A. V. **Agricultura e Qualidade da Água: Contaminação da Água por Nitrato**. Distrito Federal, 2002. 29p.

REY, F. G.; MUÑOZ, L. E. A.; CARDONA, C. A. S. **Perfiles urbanos en la Amazonia Colombiana: un enfoque para el desarrollo sostenible**. 1. ed. Bogotá: Instituto Sinchi, 2004. Disponível em: <<https://sinchi.org.co/files/publicaciones/publicaciones/pdf/Perfiles%20Urbanos%20completaweb.pdf>>. Acesso em: 13 ago. 2023.

RICHTER, C. A.; NETTO, J. M. A. **Tratamento de Água**: Tecnologia atualizada. Ed. Blucher. São Paulo. 1991. 332p.

ROCHA, K. J. **Composição e estrutura de grupos florísticos em fragmentos de floresta secundária**. Dissertação. Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais. Universidade Federal do Mato Grosso. 179 f. 2015.

RODRIGUES, M. G. M. **Redes Transnacionais de Advocacia Pública: Estratégias e Impactos – O Projeto Planaflo e o Painel de Inspeção do Banco Mundial**. Contexto Internacional, Rio de Janeiro, v. 24, n. 1, p. 73-128. 2002. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/cint/a/46s45RBfLWLqWZx9RYFcVWs/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 13 ago. 2023.

Rondônia, Governo do Estado. **PLANAFLORO**. Plano Agropecuário e Florestal de Rondônia. Porto Velho, 1989.

RONQUIM, C. C. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais**. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento. Embrapa. 2010. 26 p. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/31004/1/BPD-8.pdf>>. Acesso em: 08 set. 2023.

ROSA, F. S.; TONELLO, K. C.; LOURENÇO, R.W. Eleição de áreas prioritárias para pagamento por serviços ambientais: uma análise em nível de microbacia. **Revista Ambiente & Água**, v. 11, n. 2, 2016.

SAMPAIO, C. A. **Avaliação da recuperação de área degradada por meio de indicadores ambientais biológicos e pedológicos na Ape Mutuca, Nova Lima**. Dissertação. 2006. Disponível em: <[https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/MPBB-6VRGMB/1/dissertacao\\_claudia\\_almeida\\_sampaio.pdf](https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/MPBB-6VRGMB/1/dissertacao_claudia_almeida_sampaio.pdf)>. Acesso em: 07 set. 2023.

SANTOS, D. G.; ROMANO, P. A. Conservação da água e do solo, e gestão integrada dos recursos hídricos. **Revista de Política Agrícola**. Ano XIV – Nº 2 – Abr./Maio/Jun. 2005. Disponível em: <<https://seer.sede.embrapa.br/index.php/RPA/article/viewFile/536/486>>. Acesso em: 10 abr. 2023.

SANTOS, J. P.; MARTINS, I.; CALLISTO, M.; MACEDO, D. R. Relações entre qualidade da água e uso e cobertura do solo em múltiplas escalas espaciais na bacia do Rio Pandeiros, Minas Gerais. **Revista Espinhaço**, 2017, 6 (2): 36-46 . Disponível em: <<https://revistas.ufvjm.edu.br/revista-espinhaco/article/view/105/116>>. Acesso em: 13 ago. 2023.

SARTORI, A. A. C.; SILVA, R. F. B.; PIANUCCI, M. V.; ZIMBACK, C. R. L. Influência do período de estiagem no Índice de Vegetação (NDVI), no município de Botucatu-SP. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14., 2009, Natal. **Anais...** Natal: INPE, 2009. p. 4363-4369. Disponível: <<http://mar.te.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.11.17.31/doc/4363-4369.pdf>>. Acesso em: 21 nov. 2023.

SCHMIDT, C. W. C.; VENDRUSCOLO, J.; HILGERT, S. L. M.; MOTA, S. A. Impacto da colonização na Zona da Mata Rondoniense, Amazônia Ocidental-Brasil. **Revista Geográfica Venezolana [en línea]**. 2015, 56(1), 41-57. ISSN: 1012-1617. Disponível em: <<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=347738680003>>. Acesso em: 09 abr. 2023.

SECRETARIA DE ESTADO DO DESENVOLVIMENTO AMBIENTAL – SEDAM. **Vinte e um anos de Zoneamento Socioeconômico e Ecológico do Estado de Rondônia** – Planejamento para o Desenvolvimento Sustentável e Proteção Ambiental. 2010. 60 p. Disponível em: <[http://www.amazonia.cnptia.embrapa.br/publicacoes\\_estados/Rondonia/ZEE\\_Rondonia.pdf](http://www.amazonia.cnptia.embrapa.br/publicacoes_estados/Rondonia/ZEE_Rondonia.pdf)>. Acesso em: 03 abr. 2023.

SECRETARIA DE ESTADO DO DESENVOLVIMENTO AMBIENTAL – SEDAM. 2012. **Metodologia:** Boletins climatológicos anuais. Porto Velho, Brasil.

SICHE, R.; AGOSTINHO, F.; ORTEGA, E.; ROMEIRO, A. Índices versus indicadores: precisões conceituais na discussão da sustentabilidade de países. **Revista Ambiente & Sociedade**. v. 10, n. 2, p. 137-148. 2007. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/asoc/a/3w6kjV8dSdqVtPbxMBzW3Rg/?format=pdf>>. Acesso em 14 ago. 2023.

SILVA, F. C.; EIRA, P. A.; BARRETO, W. O.; PEREZ, D. V.; SILVA, C. A. **Manual de métodos de análises químicas para avaliação da fertilidade do solo**. EMBRAPA. 1998. 56 p.

SILVA, L. C.; CUNHA, J. M.; MACHADO, N. G.; CAMPOS, M. C. C.; BIUDES, M. S. Estimativa do balanço de radiação por sensoriamento remoto de diferentes usos de solo no sudoeste da Amazônia brasileira. **Revista Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 27, n. 2, p. 341-356, mai./ago. 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sn/a/Dc5zbPTXsFHjRVfFxR5TxGQ/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 11 set. 2023.

SIPAM. Sistema de Proteção da Amazônia. **Diagnóstico climático para o município de Rolim de Moura**, 2006a.

SIPAM. Sistema de Proteção da Amazônia. **Mapa de Pedologia do Município de Rolim de Moura**, 2006b.

SIPAM – Sistema de Proteção da Amazônia. **Pedologia:** Rolim de Moura/RO. SIPAM, Porto Velho, 1p. 2006.

SOARES, R. L. F.; SILVA, N. R. S. VENDRUSCOLO, J.; LIMA, L. R. L.; GUTIERREZ, F. R. S.; FERNANDES, A. M.; CAVALHEIRO, W. C. S.; SILVA, F. A. P. Águas Subterrâneas do Município de Rolim de Moura/RO: Utilização e Qualidade. **Revista de Geografia (Phenix)**, v. 10, n. 1, 2019.

SOUZA, C. A.; GALLARDO, A. L. C. F.; SILVA, E. D.; MELLO, Y. C.; RIGHI, C. A.; SOLERA, M. L. Serviços ambientais associados à recuperação de áreas degradadas por mineração: Potencial para pagamento de serviços ambientais. **Revista Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. 19, n. 2, p. 139-168, 2016. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/asoc/a/TPVgS78SxwtGH7KrQthBJ5x/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 14 ago. 2023.

SOUZA, R. P.; SILVEIRA, S. S. **Análise da qualidade do corpo hídrico do Rio Anta Atirada no município de Rolim de Moura/RO: Uma revisão.** 2021. Disponível em: <[https://simposiohidrico.unir.br/uploads/26484096/arquivos/12\\_2131756925.pdf](https://simposiohidrico.unir.br/uploads/26484096/arquivos/12_2131756925.pdf)>. Acesso em: 09 abr. 2023.

STACHIW, R. **Cartilha das águas de Rondônia.** Rolim de Moura: Edição do Autor, 2017. 48 p.

STEFANOSKI, D. C.; SANTOS, G. G.; MARCHÃO, R. L.; PETTER, F. A.; PACHECO, L. P. Uso e manejo do solo e seus impactos sobre a qualidade física. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.12, p.1301-1309, 2013, Campina Grande, PB, UAEA/UFCG. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/Kqq4dHBX4yfnxwWFTpqBVzb/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 09 abr. 2023.

TOMER, M. D.; SCHILLING, K. E. A simple approach to distinguish land-use and climate-change effects on watershed hydrology. **Journal of Hydrology**. 2009, 376 p. Disponível em: <<https://pubs.er.usgs.gov/publication/70036847>>. Acesso em: 10 abr. 2023.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY (USGS). 2017. **Science for a changing world.** Disponível em: <<https://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso em: 03 set. 2023.

VALE JUNIOR, J. F. SOUZA, M. I. L.; NASCIMENTO, P. P. R. R.; CRUZ, D. L. S. Solos da Amazônia: etnopedologia e desenvolvimento sustentável. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 5, n. 2, p.158-165, maio-agosto, 2011.

VALLADARES NETO, J.; SANTOS, C. B.; TORRES, E. M.; ESTRELA, C. Boxplot: um recurso gráfico para a análise e interpretação de dados quantitativos. **Revista Odontológica Brasileira Central**, 2017, v. 26, n. 76, p. 1-6. Disponível em: <<https://www.robrac.org.br/seer/index.php/ROBRAC/article/view/1132/897>>. Acesso em 11 set. 2023.

VENDRUSCOLO, J.; WANDERSON, C. S. C.; ROSA, D. M.; STACHIW, R. VENDRUSCOLO, R.; SIQUEIRA, A. S.; BIGGS, T. Hidrogeomorfometria e desmatamento na microbacia do rio Manicoré, Amazônia Ocidental, Brasil. **Revista Geográfica Venezolana**, p. 226-241, 2019.



VIEIRA, I. C. G.; SILVA, J. M. C. da; TOLEDO, P. M. de. Estratégias para evitar a perda de biodiversidade na Amazônia. **Estudos Avançados**, [S. l.], v. 19, n. 54, p. 153-164, 2005. Disponível em: <<https://www.revistas.usp.br/eav/article/view/10075>>. Acesso em: 9 abr. 2023.

WADT, P. G. S.; PEREIRA, J. E. S.; GONÇALVES, R. C.; SOUZA, C. B. C.; ALVES, L. S. **Práticas de Conservação do Solo e Recuperação de Áreas Degradadas**. Embrapa Acre, 2003, 29p. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/498802/1/doc90.pdf>>. Acesso em: 09 abr. 2023.

YAHN FILHO, A. G. O Conceito de Bacia de Drenagem Internacional no Contexto do Tratado de Cooperação Amazônica e a Questão Hídrica na Região. **Revista Ambiente & Sociedade** [online], v. 8, n. 1, 2005. Disponível em: <[https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1414753X2005000100006&script=sci\\_abstract&tlng=pt](https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1414753X2005000100006&script=sci_abstract&tlng=pt)>. Acesso em: 19 de ago. 2020.

ZANZARINI, F. V.; PISSARA, T. C. T.; BRANDÃO, F. J. C.; TEIXEIRA, D. D. B. Correlação espacial do índice de vegetação (NDVI) de imagem Landsat/ETM+ com atributos do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 6, p. 608–614, 2013. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/CpYNTBsHbBLS6q4K7D5gdjg/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 15 ago. 2023.

ZATORRE, N. **Influência da mudança no uso do solo em ecossistemas na Amazônia Sul Ocidental**. 2009. 68 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Ciência do Solo) - Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica - RJ, 2009.