

UNIVERSIDADE FEDERAL DO TRIÂNGULO MINEIRO

Silvia Cristina de Castro

Diagnóstico de qualidade da água por associação de
biomonitoramento com macroinvertebrados bentônicos e características topográficas da Bacia
Hidrográfica

Uberaba 2021

UNIVERSIDADE FEDERAL DO TRIÂNGULO MINEIRO

Silvia Cristina de Castro

Diagnóstico de qualidade da água por associação de
biomonitoramento com macroinvertebrados bentônicos e características topográficas da Bacia
Hidrográfica

Dissertação de Mestrado apresentado ao
PPGCTA - Programa de Pós-Graduação em
Ciência e Tecnologia Ambiental, da UFTM –
Universidade Federal do Triângulo Mineiro,
como requisito parcial para obtenção do título
de Mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental.

Orientadora: Profa. Dra. Ana Carolina Borella
Marfil Anhô

Co-orientador: Prof. Dr. Ricardo Vicente
Ferreira

Uberaba 2021

UNIVERSIDADE FEDERAL DO TRIÂNGULO MINEIRO

Silvia Cristina de Castro

Diagnóstico de qualidade da água por associação de
biomonitoramento com macroinvertebrados bentônicos e características topográficas da Bacia
Hidrográfica

Dissertação de Mestrado apresentado ao
PPGCTA - Programa de Pós-Graduação em
Ciência e Tecnologia Ambiental, da UFTM –
Universidade Federal do Triângulo Mineiro,
como requisito parcial para obtenção do título
de Mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental.

___ de _____ de ____.

Banca Examinadora:

Prof. Dr Ricardo Vicente Ferreira – Co-orientador
Universidade Federal do Triângulo - UFTM

Prof. Dr. João Alberto Farinelli Pantaleão
Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto - USP FFCLRP/USP

Prof. Dr Renato Farias do Valle Junior
Instituto Federal do Triângulo Mineiro-IFTM



Documento assinado eletronicamente por **RICARDO VICENTE FERREIRA, Professor do Magistério Superior**, em 29/09/2021, às 19:54, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#) e no art. 34 da [Portaria Reitoria/UFTM nº 87, de 17 de agosto de 2021](#).



Documento assinado eletronicamente por **João Alberto Farinelli Pantaleão, Usuário Externo**, em 30/09/2021, às 09:35, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020 e no art. 34 da Portaria Reitoria/UFTM nº 87, de 17 de agosto de 2021.



Documento assinado eletronicamente por **Renato Farias do Valle Junior, Usuário Externo**, em 30/09/2021, às 14:38, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020 e no art. 34 da Portaria Reitoria/UFTM nº 87, de 17 de agosto de 2021.



Documento assinado eletronicamente por **ANA PAULA MILLA DOS SANTOS SENHUK, Coordenador(a) do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental**, em 07/10/2021, às 10:05, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#) e no art. 34 da [Portaria Reitoria/UFTM nº 87, de 17 de agosto de 2021](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.uftm.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0606464** e o código CRC **6FB7E857**.

Dedico à memória de meus pais,
Jose Carlos de Castro e Luzia Picouto de
Castro, por sempre serem fonte de incentivo em
minha busca pelo saber, pelo amor e respeito
incondicional as minhas escolhas, a minha família e
companheiro por ter caminhado comigo nessa
jornada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente a Deus, e aos meus orientadores Profa. Dra. Ana Carolina Borella Marfil Anhê e Prof. Dr. Ricardo Vicente Ferreira, pela comprometimento, carinho e dedicação em todos os momentos da pesquisa, e também a todos membros da UFTM - Universidade Federal do Triângulo Mineiro, que de alguma forma contribuíram para que este trabalho acontecesse.

RESUMO

O entorno dos rios (ocupação dos solos) influencia a qualidade hídrica e a biota! O não respeitar da aptidão de uso dos solos tem gerado conflitos ambientais, que impactam a qualidade hídrica e a biota do ambiente aquático. Ignorar a aptidão de uso das terras favorece a ocorrência de erosão laminar, a qual tende a transportar sedimentos a serem depositados nos mananciais. Desta forma, com a elevação da concentração de nutrientes dentre outros compostos, tende-se a alterar a qualidade hídrica. Os maiores impactos nos grupos de macroinvertebrados se associam a mudanças na qualidade da água, tais como: temperatura, saturação de oxigênio (%), turbidez, sólidos suspensos totais, nitratos, fosfatos sulfatos, condutividade e oxigênio dissolvido, bem como alterações pela ausência de vegetação ripária.

O presente estudo teve como objetivo descrever o uso e ocupação do solo e seus respectivos usos de conflito, assim como as características morfométricas da Bacia do Ribeirão Ponte Alta, utilizando técnicas de sensoriamento remoto aliadas a avaliação da qualidade da água por biomonitoramento.

A caracterização do uso e ocupação solo foi feita por interpretação de imagens de sensores orbitais da plataforma *Planet Team* (2017). A representação morfométrica foi por MDE - (Modelo digital de Elevação) da plataforma *Alos Palsar*, ambos foram processados utilizando *software* SIG QGIS. Para realização das análises biológicas e físico-químicas, oito pontos amostrais foram selecionados no decorrer do Ribeirão Ponte Alta, O biomonitoramento foi realizado por meio de macroinvertebrados bentônicos. A qualidade da água do rio foi estimada por análise de parâmetros físico-químicos e protocolo de avaliação rápida – PAR associados aos dados obtidos com as ferramentas SIG. A contaminação da água foi evidenciada pelo PAR em todos os pontos, exceto S4, já o BMWP indicou os postos S2 e S3 com maior índice de contaminação. Os resultados mostram que em locais onde apresentam uso de conflito do solo, e ausência de vegetação o ambiente apresenta índices de maior contaminação. Em relação à classificação do relevo, 48,90 % da extensão da bacia tem relevo suave-ondulado.

Palavras-chave: bioindicador, sensoriamento remoto, SIG, qualidade da água, uso e ocupação do solo

ABSTRACT

The surroundings of the rivers (land use) influence the water quality and the biota! Failure to respect the suitability of land use has generated environmental conflicts, which impact the water quality and biota of the aquatic environment. Ignoring land use aptitude favors the occurrence of laminar erosion, which tends to transport sediment to be deposited in water sources. Thus, with the increase in the concentration of nutrients among other compounds, it tends to change the water quality. The greatest impacts on macroinvertebrate groups are associated with changes in water quality, such as: temperature, oxygen saturation (%), turbidity, total suspended solids, nitrates, phosphate sulfates, conductivity and dissolved oxygen, as well as changes due to the absence of riparian vegetation.

This study aimed to describe the use and occupation of land and their respective conflict uses, as well as the morphometric characteristics of the Ribeirão Ponte Alta Basin, using remote sensing techniques combined with the assessment of water quality by biomonitoring.

The characterization of land use and occupation was carried out by interpreting images from orbital sensors from the Planet Team platform (2017). The morphometric representation was by MDE - (Digital Elevation Model) of the Alos Palsar platform, both were processed using GIS QGIS software. To carry out the biological and physicochemical analyses, eight sampling points were selected along the Ribeirão Ponte Alta. Biomonitoring was carried out using benthic macroinvertebrates. The river water quality was estimated by analysis of physical-chemical parameters and rapid assessment protocol - PAR associated with data obtained with GIS tools. Water contamination was evidenced by the PAR at all points, except S4, while the BMWP indicated stations S2 and S3 with the highest level of contamination. The results show that in places where soil conflict is used, and there is no vegetation, the environment presents higher levels of contamination. In relation to the relief classification, 48.90% of the basin's extension has a smooth-wavy relief.

Keyword: Bioindicator, Remote Sensing, GIS, Water Quality, Land Use and Occupation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Demandas de uso da água no Brasil, por setor (%) sem considerar a evaporação dos reservatórios	15
Figura 2– Mapa indicando a localização geográfica da bacia do Ribeirão Ponte Alta, Uberaba, MG, Brasil.	26
Figura 3 – Pontos amostrados da Bacia Ribeirão Ponte Alta.....	28
Figura 4– Composição da hierarquia Fluvial do Ribeirão Ponte Alta	29
Figura 5 - Medição de parâmetros físico-químicos no Ribeirão Ponte Alta utilizando Sonda Horiba	38
Figura 6- Medição de parâmetros físico-químicos no Ribeirão Ponte Alta utilizando medidor de ION LAQUAtwin K11	39
Figura 7 - Amostrador tipo Surber.....	40
Figura 8 – Coleta utilizando amostrador tipo Surber	40
Figura 9 – Lavagem de sedimento	41
Figura 10 – Sedimento em solução hipersaturada.....	42
Figura 11– Triagem utilizando lupa eletrônica	42
Figura 12– Triagem e identificação	43
Figura 13- Uso e ocupação do solo – Bacia Ribeirão Ponte Alta	46
Figura 14. Gráficos com a representação em percentual do uso e ocupação do solo em um raio de 500 metros a partir de cada ponto amostrado	48
Figura 15 - Atividades Industriais Bacia Ribeirão Ponte Alta.....	50
Figura 16- Mapa hipsométrico da Bacia Ribeirão Ponte Alta elaborado de acordo com MDE ALOS PALSAR.....	51
Figura 17- Classes de Declividade da Bacia do Ribeirão Ponte Alta	53
Figura 18- Classes de Declividade da Bacia do Ribeirão Ponte Alta .- Lepsch et al. (1991)	55
Figura 19 – Mapa de Aptidão Agrícola da Bacia Ribeirão Ponte Alta de acordo com EMBRAPA (2019). ..	56
Figura 20 - . Registro fotográfico do Ponto S1 localizado no Ribeirão Ponte Alta localizado na bacia do Ribeirão Ponte Alta, Uberaba, MG.....	58
Figura 21- . Registro fotográfico do Ponto S2 localizado no Ribeirão Ponte Alta localizado na bacia do Ribeirão Ponte Alta, Uberaba, MG.....	58
Figura 22- . Registro fotográfico do Ponto S3 localizado no Ribeirão Ponte Alta localizado na bacia do Ribeirão Ponte Alta, Uberaba, MG.....	59
Figura 23- . Registro fotográfico do Ponto S4 localizado no Ribeirão Ponte Alta localizado na bacia do Ribeirão Ponte Alta, Uberaba, MG.....	60
Figura 24 - Registro fotográfico do Ponto S5 localizado no Ribeirão Ponte Alta localizado na bacia do Ribeirão Ponte Alta, Uberaba, MG.....	61
Figura 25- Registro fotográfico do Ponto S6 localizado no Ribeirão Ponte Alta localizado na bacia do Ribeirão Ponte Alta, Uberaba, MG.....	62
Figura 26- Registro fotográfico do Ponto S7 localizado no Ribeirão Ponte Alta localizado na bacia do Ribeirão Ponte Alta, Uberaba, MG.....	63
Figura 27- Registro fotográfico do Ponto S8 localizado no Ribeirão Ponte Alta localizado na bacia do Ribeirão Ponte Alta, Uberaba, MG.....	63
Figura 28 – Gráfico das variações de Condutividade dos pontos S1 ao S8 do Ribeirão Ponte Alta.....	69
Figura 29	72

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Limites de DBO e OD de acordo com o estabelecido na Resolução Conama nº 357/2005.....	21
Tabela 2 - Descrição dos tipos de relevo segundo EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.....	35
Tabela 3 - Classes de qualidade da água segundo o somatório dos escores do BMWP - (<i>Biological Monitoring Working Party</i>) macroinvertebrados presentes nos pontos de coleta.	45
Tabela 4 - Uso e ocupação do solo Bacia Ribeirão Ponte Alta.....	47
Tabela 5 - Distribuição das Classes de declividade para a Bacia Ribeirão Ponte Alta de acordo com o estabelecido pela (EMBRAPA, 1979)	54
Tabela 6 - Coordenadas em UTM Planas Referente Aos Pontos Amostrais	57
Tabela 7 - Resultado do aplicação do PAR - Protocolo de Avaliação Rápida.....	64
Tabela 8 – Resultados dos índices ecológicos e BMWP da comunidade de macroinvertebrados bentônicos do Ribeirão Ponte Alta.....	66
- Tabela 9 - Valores médios obtidos para as variáveis físico-químicas nos pontos amostrais do Ribeirão Ponte Alta	68

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA	11
2 OBJETIVOS	13
2.1 OBJETIVO GERAL	13
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	13
3.1 RECURSOS HÍDRICOS	13
3.2 FONTES CONTAMINANTES DE RECURSOS HÍDRICOS	16
3.3 RELAÇÃO EXISTENTE ENTRE A COMPOSIÇÃO DA PAISAGEM E A QUALIDADE HÍDRICA	17
3.4 DIAGNÓSTICOS DE CONTAMINAÇÃO EM CORPOS HÍDRICOS.....	18
<i>3.4.1 Parâmetros físico-químicos</i>	<i>19</i>
3.5 BIOMONITORAMENTO.....	21
<i>3.5.1 Macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores da qualidade da água.</i>	<i>22</i>
<i>3.5.2 Protocolo de avaliação rápida</i>	<i>23</i>
3.6 DIAGNÓSTICO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO POR SENSORIAMENTO REMOTO e SIG - SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA.....	23
3.7 PRODUTOSDE MODELOS DIGITAIS DE TERRENO: ORIENTAÇÃO DE VERTENTES E MODELO DIGITAL DE ELEVÇÃO	25
4 MATERIAL E MÉTODOS	26
4.1 ÁREA PESQUISADA.....	26
<i>4.1.1 Caracterização da Bacia</i>	<i>26</i>
<i>4.1.2 Pontos Amostrais</i>	<i>27</i>
<i>4.1.3 Drenagem</i>	<i>28</i>
4.2USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	29
<i>4.2.1 Uso e ocupação da Bacia Ribeirão Ponte Alta</i>	<i>29</i>
<i>4.2.2 Uso e ocupação dos pontos amostrados</i>	<i>31</i>
4.3 REPRESENTAÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DA BACIA RIBEIRÃO PONTE EM CLASSES	32
4.4 PRODUTOS DE MODELAGEM DIGITAL	33
<i>4.4.1 Representação do relevo utilizando MDE ALOS PALSAR</i>	<i>34</i>
<i>4.4.2 Representação do relevo utilizando carta topográfica</i>	<i>35</i>
<i>4.4.3 Mapa hipsométrico</i>	<i>36</i>
4.5 PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO RÁPIDA.....	36
4.6 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS	37
4.6 BIOMONITORAMENTO COM MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS	39
<i>4.6.1 Avaliação da qualidade da água utilizando macroinvertebrados bentônicos</i>	<i>39</i>
<i>4.6.2 Qualidade da água estimada por macroinvertebrados bentônicos</i>	<i>44</i>
4.7 ANÁLISE DE DADOS	45
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
5.1 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	45
<i>5.1.1 Uso e ocupação da Bacia do Ribeirão Ponte Alta</i>	<i>45</i>
<i>5.1.2 Uso e ocupação do solo dos pontos amostrados</i>	<i>47</i>
5.2 ATIVIDADES INDUSTRIAIS PRESENTES NA BACIA RIBEIRÃO PONTE ALTA.	49
5.3 MODELOS DIGITAIS DE ELEVÇÃO	50

5.4 APTIDÃO DE USO DO SOLO	55
5.4 CARACTERIZAÇÃO DOS PONTOS AMOSTRAIS.....	57
5.5 PAR – PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO RÁPIDA.....	64
5.6 BIOMONITORAMENTO UTILIZANDO ÍNDICE BMWP- BIOLOGICAL MONITORING WORKING PARTY	65
5.5 PARÂMETROS FÍSICO QUÍMICOS	67
5.6 ANÁLISE DE DADOS	71
6. CONCLUSÃO	73
REFERÊNCIAS.....	75
ANEXO A.....	92
Escores a serem atribuídos às famílias de macroinvertebrados bentônicos para a determinação do índice BMWP	92
ANEXO B.....	94
Protocolo de avaliação rápida - PAR (CALLISTO et al., 2002).....	94
APENDICE I	97
Táxons identificados nos pontos amostrais do Ribeirão Ponte Alta.....	97
APENDICE II	98

1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

Os recursos hídricos são de importância fundamental para a qualidade da vida humana, para o desenvolvimento econômico e social, a qualidade da vida humana, está diretamente ligada à disponibilidade de água. Já para o meio ambiente, a água é um dos pilares para a manutenção da biodiversidade, entretanto muitos são os contaminantes hídricos oriundos de atividades antropogênicas que alteram os ecossistemas aquáticos (MENEZES et al., 2016; GOMES et al.; 2017). Substâncias químicas, biológicas e dejetos que não compõem as características naturais de um sistema, quando lançados nos corpos d'água, podem torná-los impróprios para a manutenção da vida aquática e para o consumo humano. Dessa forma, a água, em especial a água potável, está gradativamente se tornando escassa, consequência do uso desordenado desse importante recurso natural (VITÓ et al., 2016).

Para desenvolver uma análise promissora, estimando os fatores de influência na qualidade da água, deve-se levar em consideração todo o cenário de um curso hídrico, conhecer a estrutura da bacia hidrográfica e as características químicas, físicas dos tributários que compõem a bacia. De acordo com Valle Junior et al. (2013), constatar as características hídricas do curso d'água de uma bacia é de suma importância e serve como subsídio para possíveis diagnósticos. É necessário fazer um levantamento temporal, espacial do uso e ocupação do território da bacia, ressaltando as intervenções que o ambiente natural sofre em decorrência da ação do homem. Avaliações com diagnósticos integrados de qualidade da água possibilitam uma avaliação sistêmica, de modo a contribuir com a gestão sustentável de seus múltiplos usos, já que aponta os diferentes agentes contaminantes de uma bacia hidrográfica (KIELING-RUBIO et al., 2015). Atualmente preza-se por uma gestão ambientalmente adequada, a fim de garantir sadia qualidade de vida de um sistema, o alto índice de água sem qualidade própria para consumo, acarreta consequências negativas para todos os seres vivos (MIOTO et al., 2014).

O não respeitar da aptidão de uso dos solos tem gerado conflitos ambientais, que impactam a qualidade hídrica e a biota do ambiente aquático. E visa estimar a possibilidade de práticas agrícolas e o manejo indicado, porque permite apontar as áreas de restrições, e detectar áreas aptas a pastagens, a agriculturas, silvicultura ou áreas de interesse ecológico e áreas subutilizadas. MARQUES et al., 2012; GOMES et al., 2007; FREITAS et al. ,2017).

Portanto avaliar a capacidade de uso do solo é essencial para se propor práticas de conservação e gestão,

O uso de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), otimizam a avaliação de aptidão dos solos, tais ferramentas permitem analisar imagens espaciais a partir de dados gerados e manipulados (FREITAS et al. (2017)

** Qual a aptidão de uso para a microbacia? Existe conflito?

Opção b) O entorno dos rios (ocupação dos solos) influencia a qualidade hídrica e a biota!

Dentre as diversas formas de constatar alterações sofridas por rios em uma bacia hidrográfica, destacam-se duas técnicas promissoras: o biomonitoramento e o sensoriamento remoto. O primeiro consiste em apontar possíveis contaminações ambientais através do uso de organismos vivos que habitam o sedimento (CARDOSO et al., 2017); já o segundo se faz por observações remotas da superfície da Terra, o que permite estudos espaciais e temporais de processos naturais e antrópicos ocorridos nos ambientes (INPE, 2020).

A bacia do Ribeirão Ponte Alta está inserida em uma importante região do município de Uberaba – MG. Sua superfície abrange território urbano e rural, sendo marcada pela transição desses trechos urbanizados para ambientes rurais com presença fragmentos florestais e grandes áreas de atividades agrossilvipastoris, o que a torna ideal para se avaliar ações antropogênicas.

A área urbanizada está ao norte da bacia, e aponta o crescente avanço do perímetro urbano para o interior da bacia. A área limítrofe da bacia hidrográfica do Ribeirão Ponte Alta desempenha atividades econômicas diversificadas, como: agricultura, bovinocultura, criação de equinos e muars, suinocultura e atividades industriais. Destaca-se, ainda, a estação de tratamento de esgoto, o aterro sanitário e o álcoolduto. De acordo com Valente e Vetorazzi (2002) local tem relevante papel econômico para município, haja visto que a presença do empreendedorismo dentro da bacia é significativa. A área apresenta uso do solo diversificado, com alta produtividade e exploração dos recursos naturais. Para com Wani et al., (2012), fazer uma gestão integrada dos recursos naturais em escala da bacia hidrográfica se mostrou a abordagem mais confiável e ecologicamente correta, ações como gerenciar a água das chuvas, por exemplo, favorece a proteção do meio ambiente e seus recursos naturais, ademais contribuir para aumento da produção nos setores agrícola e industrial. O que vai de encontro com as necessidades da bacia Ribeirão Ponte Alta.

Em um cenário de alto impacto ambiental decorrente de ações humanas motivadas pela desenvolvimento econômico e produtividade, diagnosticar a qualidade da água e investigar as alterações ocorridas e suas respectivas causas é primordial para a manutenção e recuperação dos recursos naturais da bacia. Assim, diante do exposto e considerando a relevância da água para vida humana e biota aquática, este estudo visou a diagnose do estado de conservação do solo de acordo com seu uso e ocupação, associando técnicas que avaliam o estado de conservação e a qualidade da água do rio principal da bacia do Ribeirão Ponte Alta, conduzindo um diagnóstico voltado para a identificação dos fatores que influenciam as suas condições naturais. Para garantir uma investigação com amplitude e assertividade, esse estudo se baseou em coleta de dados *in loco* e informações obtidas remotamente, com análises biológicas e aplicação de geotecnologias, visto que os fatores que influenciam na qualidade da água de uma bacia hidrográfica não são individualizados.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Diagnosticar a qualidade da água da bacia do Ribeirão Ponte Alta pela associação do biomonitoramento com macroinvertebrados bentônicos, uso e ocupação do solo e aspectos morfométricos da bacia.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar o uso e ocupação do solo da bacia;
- Descrever o fluxo de drenagem e acumulação de água da bacia;
- Testar se a contaminação da água é maior em áreas com maior escoamento;
- Caracterizar as comunidades de macroinvertebrados bentônicos da bacia;
- Avaliar a qualidade da água da Bacia Ribeirão Ponte Alta utilizando macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 RECURSOS HÍDRICOS

A Lei Nº 9.433, de 8 de Janeiro de 1997, intitulada como Lei da Política Nacional de Recursos Hídricos, define em seus fundamentos que:

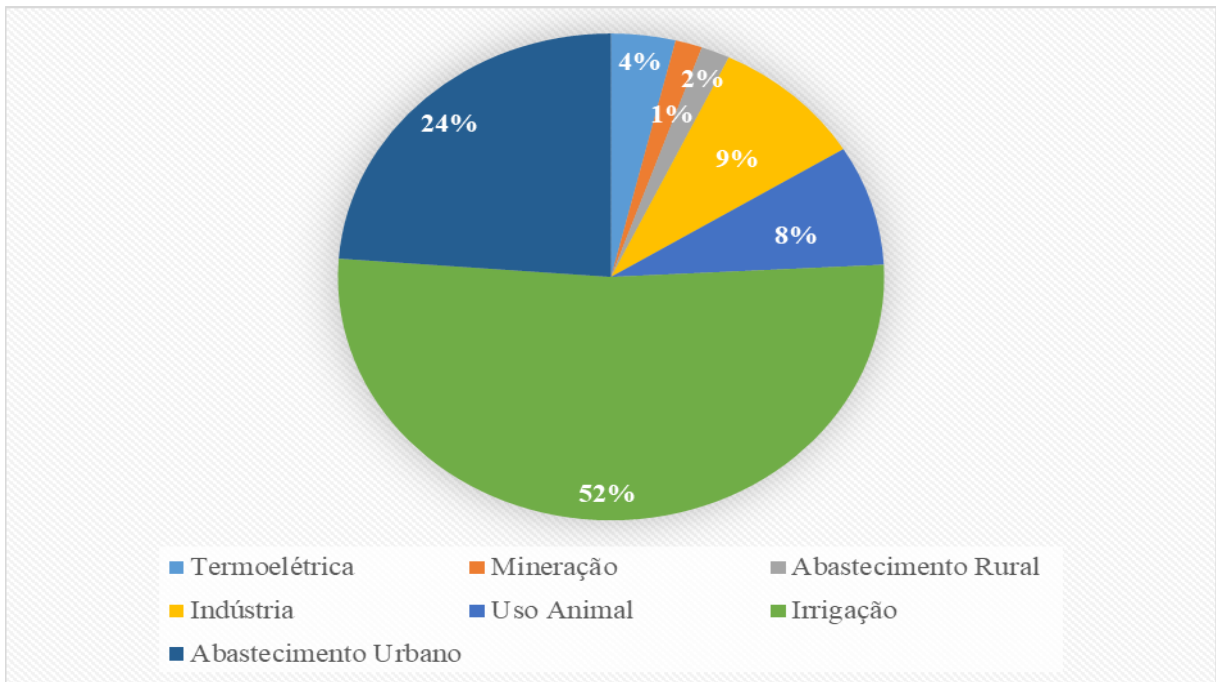
I - a água é um bem de domínio público; II - a água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico; III - em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais; IV - a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas; V - a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos; VI - a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades (PLANALTO, 1997).

A água é um recurso natural essencial, sendo indispensável para a manutenção da vida na Terra e seus ciclos biológicos. Um considerável exemplo disso é ela ser considerada um solvente universal, por ter a capacidade de dissolver a maior parte das moléculas existentes. Apesar da sua tamanha importância, a água vem se tornando escassa no decorrer dos anos, consequência do uso inadequado desse importante recurso natural (VITÓ et al., 2016).

Ademais, os recursos hídricos têm um importante papel econômico, sendo essenciais para produção de energia elétrica, agricultura, pecuária, abastecimento público, dentre outros (COSTA et al., 2019). Todavia, a crescente urbanização, industrialização, produção de bens e produtos de consumo elevam o volume de água retirado dos mananciais; há ainda a produção de dejetos, substâncias e contaminantes e, frente a esses impactos, a gestão do uso da água comumente não é efetiva.

De acordo com Manual de Usos Consuntivos da Água no Brasil, elaborado pela ANA – Agência Nacional de Águas, atualmente são utilizados, em média, 2 milhões e 83 mil litros de água por segundo no Brasil (2.083 metros cúbicos por segundo). Em 1931, eram utilizados apenas 131 mil litros por segundo, o que caracteriza 6,3% do uso atual. Estima-se ainda que há uma perspectiva de crescimento no Consumo de 24% até 2030 (BRASIL, 2019a). Ainda de acordo com dados disponibilizados pela ANA, os setores que mais retiram água dos corpos hídricos são a agricultura irrigada (Figura 1), o abastecimento urbano e a indústria de transformação, sendo responsáveis por 85% das retiradas. De acordo com a Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO), o cenário mundial para consumo de água também tem o setor agrícola como atividade de maior consumo, com uma média de 70%, o que exprime a irrigação como uma importante atividade no uso de água (FAO, 2018).

Figura 1 - Demandas de uso da água no Brasil, por setor (%) sem considerar a evaporação dos reservatórios



Fonte: ANA, 2019

Atividades antropogênicas modificam ambientes globais e regionais, alterando os índices de precipitação e afetando mais tarde a biodiversidade e estabilidade do ecossistema, por isso a notória preocupação da população sobre uma gestão adequada dos recursos hídricos, uma vez que acarreta consequências negativas para a quantidade e qualidade de água disponível, (MIOTO et al., 2014; YANG et al., 2011).

Diante o exposto, torna-se relevante o estudo de bacias hidrográficas, considerando o conjunto de corpos hídricos que a compõe, e seus canais de escoamento superficial, com um curso d'água central e seus afluentes (SANTIAGO et al., 2016), sendo também definida como a interação de fatores, químicos, físicos, biológicos e antrópicos delimitados por uma rede de drenagem, cujo rio principal recebe seus sedimentos, (SUGUIO; BIGARELLA, 1990). O termo rio designa-se a uma corrente canalizada ou confinada, em se tratando de regiões secas, pode-se também definir canais sem água como rios quando intermitentes, apresentando água em alguns períodos do ano, ou perenes quando apresentam água constantemente (SANTIAGO et al., 2016). Geologicamente, a palavra rio é empregada para referenciar um tronco principal do sistema de drenagem (SANTIAGO; JESUS; SANTOS, 2016).

De acordo com Valle Junior et al., (2012) a bacia hidrográfica é a delimitação ideal para o planejamento que compila produção associado aos recursos naturais. Conhecer as características dos cursos d'água que compõem uma bacia hidrográfica e a qualidade de suas águas é essencial para sua preservação. Nesse sentido, os diagnósticos temporal e espacial possibilitam intervenções e promovem a recuperação de mananciais. O estudo das áreas que compõem a bacia hidrográfica é imprescindível quando se busca o equilíbrio entre usufruir os recursos naturais e manter a preservação de um ambiente. Apesar dessa importância, o uso desordenado dos recursos naturais pode ser observado em diversas bacias, fazendo-se necessário o diagnóstico do estado de conservação de um ecossistema e sua dinâmica básica (VASCO et al., 2011).

3.2 FONTES CONTAMINANTES DE RECURSOS HÍDRICOS

De acordo com o Ministério de Meio Ambiente (MMA), entende-se por áreas contaminadas qualquer área ou edificação que tenha substâncias ou resíduos com concentração que cause danos ou alterações em seres vivos ou meio ambiente, ou a outro bem a proteger, que nela tenham sido depositados, acumulados, armazenados, enterrados ou infiltrados de forma planejada, acidental ou até mesmo natural (BRASIL, 2019b). Diversas são as fontes antrópicas de contaminantes de água superficial: atividades agrícolas e industriais, pecuária, expansão urbana, extração de minérios, entre outras, que de forma acidental ou proposital depositam substâncias e desejos nos corpos hídricos.

A expansão agrícola, gerada pela necessidade de produzir alimentos e atender a população mundial, que se mostra crescente, acarretou o uso de técnicas que expandem a produção e revolucionam a agricultura. Uma dessas técnicas é a utilização de agrotóxicos para o controle de insetos e plantas invasoras, que comprometem o desenvolvimento de culturas; o uso destes defensivos agrícolas em larga escala geram contaminação e poluição da água (superficial e subterrânea), do ar e do solo (STEFFEN et al., 2011). A contaminação em água por pesticidas pode ocorrer de forma direta, derivada da pulverização aérea, por lixiviação, oriunda da água do solo por meio de processos erosivos, e até mesmo por descartes ou lavagens de embalagens e tanques que contenham resíduos desses produtos (FILIZOLA et al., 2002). A pecuária é uma importante atividade econômica mundial, mas vale ressaltar que para sua implantação é necessário que a paisagem natural seja alterada, dando lugar a pastagens e edificações que atendam às exigências de manejo de bovinos. A ausência da vegetação natural tem consequências ambientais, dentre elas os processos erosivos, que além de trazerem

prejuízos às culturas, causam sérios danos ambientais, como assoreamento e poluição das fontes de água (COGO; LEVIEN; SCHWARZ, 2003; ZARTL; KLIK; HUANG, 2001).

Os processos erosivos viabilizam o transporte de sedimentos, que portam nutrientes e poluentes de fontes difusas; favorecem ainda o assoreamento em águas superficiais. Em muitos países os sedimentos são vistos como uma das principais formas de poluição do ambiente aquático (MINELLA; WALLING; MERTEN, 2008). Os danos ambientais gerados pelo desenvolvimento econômico estão voltados para degradação e contaminação do solo, contaminação da água e perda da biodiversidade. É importante enfatizar que esses prejuízos ambientais são crescentes de acordo com a demanda por alimento (ABRÃO; FERNANDES; PESSOA, 2016).

A suinocultura, importante atividade na indústria alimentícia, em seu processo de produção geram dejetos líquidos, que em muitos casos são aplicados em altas doses em solos cultiváveis, este solo não passa por revolvimento e desencadeiam acréscimo de nutrientes na camada superficial, atividades como esta potencializam a transferência de poluentes como microrganismos, hormônios e elementos químicos, para mananciais de água superficial e subsuperficiais (GIROTTI et al., 2010).

A resolução CONAMA nº 420, de 28 de dezembro de 2009, dispõe que o gerenciamento de áreas contaminadas se tornou factível, com adoção de medidas que assegurem o conhecimento das características dessas áreas e dos impactos por ela causados, proporcionando os instrumentos necessários à tomada de decisão quanto às formas de intervenção mais adequadas, tais como programa de automonitoramento, relatórios técnicos quanto a qualidade de água e solo dos empreendimentos, avaliação de risco a saúde humana, dentro outros (CONAMA, 2009).

3.3 RELAÇÃO EXISTENTE ENTRE A COMPOSIÇÃO DA PAISAGEM E A QUALIDADE HÍDRICA

Existe uma relação entre a qualidade da água e as características da paisagem que compõe o ambiente. Compreender essa relação, principalmente no que tange uso da terra, é essencial para melhorar a qualidade água, o que é possível pelo gerenciamento cuidadoso das mudanças na paisagem (GIRI; QIU; ZHANG, 2018). Modelagens estatísticas podem ser utilizadas para relacionar a qualidade da água ao uso da terra, utilizando indicadores como porcentagem de solo urbanizado, cobertura de superfícies impermeáveis, cobertura de solos com maciços florestal ou solo exposto. O estado de conservação da vegetação ribeirinha

também é importante por preservar os recursos hídrico, a biodiversidade, garantir a estabilidade biologia e da biodiversidade e servir de abrigo a fauna silvestre. (Lei 12.651/2012), portanto, manter um ecossistema ripário saudável é fator fundamental para preservar a comunidade biológica e volume de água superficial e qualidade de vida humana (GIRI; QIU; ZHANG, 2018; MALAN et al., 2018).

A importância da composição do ambiente é evidenciada por Cuo et al. (2013) e Shrestha et al. (2018), quando afirmam que, a hidrologia da bacia é alterada de acordo com a ocupação do ambiente em que ela é inserida, com suas conseqüentes mudanças. Consideram-se alterações na evaporação, capacidade de infiltração do solo e os regimes de superfície e subsuperfície

O estudo morfométrico da bacia é um elemento considerável para entender a composição da paisagem, e pode ser usado como complemento para compreensão dos processos ambientais, já que descreve a dinâmica das drenagens superficiais e formas topográficas. A análise morfométrica da bacia nos permite inferir sobre características geológicas, pedológicas e geomorfológicas. Conhecer as características físicas e ambientais da área possibilita indicar restrições ao uso atual e futuro de um ambiente, e pode servir de parâmetro para o planejamento do uso e ocupação do solo (DIBIESO; LEAL, 2007; TORRES et al., 2010).

3.4 DIAGNÓSTICOS DE CONTAMINAÇÃO EM CORPOS HÍDRICOS

Diversos parâmetros e técnicas são utilizados para diagnosticar a qualidade da água superficial. As metodologias utilizadas para estimar a qualidade da água vão de encontro com objetivo do estudo que está sendo realizado, as variadas formas de análise distinguem entre si em seus valores, precisão e eficácia.

Em se tratando de água para consumo humano, de acordo com a Agência Nacional de Águas (ANA), o principal indicador do país para calcular a qualidade da água é o Índice de Qualidade das Águas (IQA). Foi desenvolvido para avaliar a qualidade da água para o abastecimento público, após o tratamento convencional. De acordo com a interpretação dos dados do IQA, pode ser indicada má qualidade da água para abastecimento, mas essa mesma água pode ser utilizada em para fins menos exigentes no que diz respeito a potabilidade, como exemplo o uso para navegação e geração de energia elétrica. No Brasil a Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005 estabelece critérios que classificam corpos de água e enquadramento de acordo com os parâmetros físico químicos e biológicos apresentados, de modo a determinar o uso indicado de acordo com o enquadramento. O IQA é calculado com

base nos seguintes parâmetros: temperatura da água, pH, oxigênio dissolvido, resíduo total, demanda bioquímica de oxigênio, coliformes termotolerantes, nitrogênio total, fósforo total e turbidez.

A análise desses parâmetros tem o objetivo de obter o IQA, e reflete as condições ambientais nos corpos d'água, tornando executável o diagnóstico da qualidade da água com comparações e análises entre os diversos trechos do rio na bacia hidrográfica, o que contribui para tomadas de decisões pelos gestores públicos. Ainda de acordo com estudos de Santiago; Jesus; Santos, (2016), o ICQ pode ser alterado de acordo com condições climáticas e geológicas, por contribuem para a oscilação da vazão dos rios, que interfere diretamente nos diversos parâmetros físico-químicos que compõem o índice.

3.4.1 Parâmetros físico-químicos

Os níveis de qualidade da água devem atender às necessidades da comunidade, considerando a saúde, bem-estar humano, bem como o equilíbrio ecológico aquático (CONAMA, 2005). Para garantir a qualidade das águas, a Resolução Conama nº 357/2005 estabelece valores de parâmetros físico-químicos, como potencial hidrogeniônico (pH), condutividade, oxigênio dissolvido (OD), sólidos totais dissolvidos (STD) e turbidez, para diferentes classes de água.

3.4.1.1 pH

Caracterizado pela medida de concentração de hidrogeniônica da água ou solução, o pH é controlado pelas reações químicas entre os íons presentes (ALMEIDA et al., 2004). Para seus parâmetros, deve ser determinada a acidez (H⁺) e basicidade (OH⁻) de um meio, que são variáveis de acordo com atividades de fotossíntese, oxidação de matéria orgânica, dissolução de rochas e presença de substâncias ácidas (DI BERNARDO; SABOGAL-PAZ, 2008). O pH adequado para uma vida aquática varia entre seis e nove (LORDELO; PORSANI; BORJA, 2018). Para obtenção do pH, usa-se o logaritmo negativo da atividade molar dos íons hidrônio (H₃O⁺) em solução (Equação 1):

$$\text{pH} = -\log [H_3O^+] \quad (1)$$

3.4.1.2 Condutividade

A condutividade elétrica (CE) está relacionada com a capacidade de uma dada substância conduzir corrente elétrica, sendo diretamente proporcional à atividade molar dos

íons livres dissolvidos no meio aquoso. Quando um corpo hídrico não está de acordo com sua caracterizas naturais, há interferência nos parâmetros como temperatura e a mobilidade de íons com suas respectivas cargas parciais, para tanto conhecer a CE contribui para avaliar corpos hídricos (CPRM, 2007; LIMA, 2001; UFMG, 2006).

3.4.1.3 Oxigênio dissolvido (OD)

O oxigênio dissolvido, expresso em oxigênio molecular (O₂) dissolvido na água, exerce função fundamental manutenção da vida de organismos aeróbios e indispensável ao meio aquático. Sua concentração varia de acordo com a temperatura, pressão atmosférica, atividades biológicas, salinidade, características hidráulicas dos corpos hídricos e interferências antrópicas, como por exemplos lançamento de desejos e substâncias orgânicas nos corpos hídricos. Assim, estabelecer seus índices é de grande relevância para a classificação das águas naturais e seus índices de qualidade (DI BERNARDO; PINTO, 2007; PIVELI, 2010).

A fim de verificar os valores de OD, temos como base o valor de saturação do meio (%OD_{sat}), que representa o percentual do oxigênio dissolvido em ralação à sua saturação, a ser expresso pela Equação 2 (CPRM, 2007; ESTEVES, 1998):

$$\%OD_{sat} = \frac{OD}{OD_{sat}} \quad (2)$$

Em que:

OD = oxigênio dissolvido medido (mg/L);

OD_{sat} = concentração de oxigênio de saturação (mg/L) correspondente à temperatura e à pressão atmosférica no local de medição do OD.

Sabe-se que o OD é indicador do coeficiente de autodepuração de um corpo hídrico, viabilizando a definição de limites de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), cujos valores para as classes de água doce 2 e 3 são definidas pela Resolução Conama nº 357/2005 (CONAMA, 2005), apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Limites de DBO e OD de acordo com o estabelecido na Resolução Conama nº 357/2005

	Classe 2	Classe 3
DBO	5 dias a 20°C até 5 mg/L O ₂ ;	5 dias a 20°C até 10 mg/L O ₂
OD	Em qualquer amostra, não inferior a 5 mg/L O ₂ ;	Em qualquer amostra, não inferior a 4 mg/L O ₂

Fonte: CONAMA (2005)

3.4.1.1 Sólidos totais dissolvidos (STD) e turbidez

Considerado um importante parâmetro para a qualidade da água, os sólidos dissolvidos totais caracterizam-se por substâncias orgânicas ou inorgânicas presentes nas substâncias líquidas na forma molecular e ionizadas. De acordo com a Conama nº 357 de 2005, para água doce permite-se o valor máximo 500mg/L de sólidos totais dissolvidos.

A turbidez da água está diretamente associada aos sólidos em suspensão. Quanto maior a carga de material em suspensão, maior é a turbidez e menor é a luminosidade. Esse bloqueio da luminosidade pode afetar a produtividade primária e, conseqüentemente, o OD (LIMA, 2001; VON SPERLING, 2005).

As águas superficiais têm turbidez que variam geralmente entre 1 a 1000 unidades de turbidez (uT), conforme diversos fatores ligados às características da bacia hidrográfica, enquanto que as águas tratadas, no geral, variam de 0 a 5 uT (CETESB, 1978; DI BERNARDO; SABOGAL-PAZ, 2008).

Em termos de potabilidade, a tabela de padrão organoléptico da água da Portaria nº 2.914/2011 fixa o valor de 5 uT para este parâmetro (BRASIL, 2011). Essa unidade de medida (uT) toma como referência o grau de dispersão e transmissão da luz em uma amostra e é medida por turbidímetros, que podem medir a dispersão em direção frontal (em ângulo de 15°) ou lateral (90°) (CETESB, 1978).

3.5 BIOMONITORAMENTO

Além das análises físico-químicas e geoquímicas para avaliação da qualidade da água, é possível realizar estudos ou monitoramentos utilizando espécies bioindicadoras (PIMENTA et al., 2016). Ainda de acordo com Pimenta et al. (2016), a bioindicação faz uso de organismos que correspondem a um ambiente característico, como por exemplo o substrato de ecossistemas lóticos, sendo analisado seu comportamento em comunidades ecológicas quando exposto a fatores estressantes, como mudança da paisagem, poluição, perda de habitat dentre outros. É

considerada espécie indicadora aquela que apresenta pequena ou grande tolerância a variações ambientais, capazes assim de revelar características particulares daquele ambiente (CALLISTO; MORENO, 2006).

O biomonitoramento consiste na análise da presença e abundância de espécies ou grupos de espécies em um determinado local a fim de inferir a qualidade daquele ambiente. Neste contexto as comunidades biológicas nos corpos hídricos são componentes importantes na avaliação da qualidade da água (WHITTON; KELLY, 1995).

Oliveira et al., (2014), expõem que a eficácia na utilização de bioindicadores, em especial insetos, reforça a necessidade de linhas de pesquisas em torno de cuidados ambientais. As ausências de certos indivíduos indicam baixa tolerância a ambientes contaminados sugerem que atividades agrícolas, imobiliárias de mineração, atividades industriais entre outras afetam o meio ambiente. Os bioindicadores se mostram eficazes por serem ferramentas de baixo custo e acessíveis, sendo expressos em bibliografias a existência de grande variabilidade de espécies propícias para bioindicar, e quando associada a ferramentas tradicionais podem efetivar a quantificação de poluentes de um ambiente indicando situação de risco (MAKI et al., 2013). A qualidade do ar, da água e até do solo pode ser avaliada por meio de biondicação como (OLIVEIRA et al., 2014).

3.5.1 Macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores da qualidade da água.

A qualidade e integridade de um corpo hídrico é influenciada pelo ambiente em que está inserido, através da fauna, flora, demais mananciais hídricos, solos, ciclo hidrológico, hábitat e nicho e atividade humana (TUNDISI, 2006). Os macroinvertebrados bentônicos podem viver semanas ou meses no sedimento e geralmente são considerados bons bioindicadores de qualidade de água por sua permanência nos ambientes aquáticos (CALLISTO; MORENO, 2006).

A utilização de macroinvertebrados bentônicos como indicador de qualidade de água, tem efetividade por ser de baixo custo e possível identificação, além de diferenciarem entre si em organismos típicos de água limpas como: Plecoptera e Trichoptera (Insecta), passando por organismos tolerantes como Heteroptera e Odonata (Insecta) e Amphipoda (Crustacea), até organismos resistentes, como Chironomidae (Diptera - Insecta) e Oligochaeta (Annelida). Locais poluídos apresentam baixa diversidade de macroinvertebrados, porém grande densidade de organismos mais tolerantes (CALLISTO; MORETTI; GOULART, 2001).

Em 1970 ocorreu o primeiro uso oficial de método biológico para avaliar a qualidade da água. O estudo foi feito em rios britânicos, e em virtude de críticas quanto à viabilidade dessa técnica, o método sofreu alterações no decorrer dos anos; foram aproximadamente dez anos de aperfeiçoamento. Em 1988, esse método foi adaptado para a Espanha, por Alba- Tercedor & Sánchez-Ortega, com a sigla BMWP (*Biological Monitoring Working Party*) (FERREIRA; PAIVA; CALLISTO, 2011; LOYOLA, 2000), que classifica as famílias de macroinvertebrados de acordo com seu nível de tolerância ao ambiente poluído. Dessa forma as famílias de macroinvertebrados bentônicos recebem escores para a determinação do índice BMWP. Observando aspectos ecológicos de macroinvertebrados bentônicos e suas respostas ao ambiente, é possível avaliar os impactos antrópicos em trechos de rios que sevem de habitat a esses animais (FERREIRA; PAIVA; CALLISTO, 2011).

3.5.2 Protocolo de avaliação rápida

Os protocolos de avaliação rápida são critérios de avaliação pré-estabelecidos de acordo com a finalidade de cada estudo, e permitem a avaliação a baixo custo de comunidades bentônicas através de um sistema de pontuação ou de classificação (RIGOTTI; POMPÊO, FONSECA, 2016). Assim, uma das funcionalidades do protocolo de avaliação rápida é estimar como a qualidade de ambientes interfere na diversidade da comunidade aquática bentônica.

O protocolo baseia-se em analisar trechos de tributários que compõe uma bacia e seus respectivos níveis de contaminação, as contaminações são caudadas por influências antrópicas associado à avaliação das condições do habitat e às condições de conservação do ambiente natural (CALLISTO et al., 2002).

A partir de um conjunto de parâmetros é possível avaliar o ambiente e classificá-lo. Para tal, são empregadas tabelas descritivas que implicam em pontuações sistemáticas de acordo com as características observadas no ambiente, de forma a inferir as condições dos ambientes (CALLISTO et al., 2002; CALLISTO; MORENO, 2006).

3.6 DIAGNÓSTICO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO POR SENSORIAMENTO REMOTO e SIG - SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA

Conhecer a dinâmica de uso e ocupação do solo é fundamental para se estabelecer critérios de análise e diagnósticos de contaminantes de água e solo de um determinado local. Em se tratando de água, o uso e a ocupação do solo com implantação de atividades antrópicas

são considerados um dos principais agentes para indisponibilidade hídrica (VALLE JUNIOR et al., 2013). Para se obter informações sobre uso e ocupação do solo, podem ser empregados levantamentos de campo, pesquisas *in loco* e utilização de topografia convencional. Entretanto, essas técnicas podem ser onerosas em decorrência de sua demanda de tempo e custo. Como alternativa para um levantamento da ocupação do solo de forma rápida, concisa, de baixo custo, precisa e com abrangência em grande escala tem-se o sensoriamento remoto.

Dentre os conceitos de sensoriamento remoto, destaca-se o processo de interação de radiação eletromagnética e os diferentes objetos “alvo”. Em sensoriamento remoto da superfície terrestre, esses objetos são: água, solos, rochas e vegetação (PONZONI; SHIMABUKURO; KUPLICH, 2012). De acordo com INPE – Instituto Estadual de Pesquisas Espaciais, o sensoriamento remoto tem grande aplicação em estudos de recursos naturais. O meio ambiente e a Terra estão em contínua transformação, em resposta das evoluções naturais que o planeta passa e das ações humanas. Para compreender e inter-relacionar essas transformações, é necessário fazer uma ampla análise espacial e temporal. Nota-se ainda o crescente avanço dos sensores orbitais, o que torna o sensoriamento remoto mais acessível (SOUZA et al., 2011). O sensoriamento remoto se mostra promissor por observar a Terra por meio de satélites, possibilitando coletar informações necessárias para monitorar e modelar fenômenos naturais de forma efetiva e econômica, especialmente em países de grande extensão territorial como o Brasil (LIMA, 2011).

Atualmente são disponíveis diversos sites com bases que fornecem dados com características diversas. Segundo Brook et al. (2018), a plataforma Google Earth Engine (GEE) possui uma biblioteca de algoritmos com interface de aplicativos (API). Ela consiste em uma nuvem que utiliza o sistema computacional do Google com o objetivo de analisar informações geoespaciais, possibilitando acessar dados e medir sinais espectrais da superfície da Terra de forma eficiente, disponibilizadas por sensores como Landsat e Sentinel 2. O Sentinel 2 vem se aprimorando em recursos existentes de observação da Terra, e se mostra vantajoso em relação a outros sensores por suas características espectrais, espaciais e temporais (LIU et al., 2018). O Sentinel 2 possibilita a análise de características biofísicas, como: teor de clorofila, cálculo de índices, monitoramento do crescimento de plantas, cálculo de índice de área foliar, teor de água e clorofila. Dados como esses são úteis para estabelecer condições de uso e ocupação do solo e diagnosticar alterações antrópicas (GUILHERME et al., 2016; LIU et al., 2018; MARIA et al., 2020). A série de satélites LANSAT surgiu a partir de 1972, fornecendo imagens globais da Terra. Ela possibilita sistematicamente a análise temporal, disponibilizando imagens processadas e prontas para uso final de forma gratuita (FOODY, 2010).

O Sistema de Informação Geográfica é formado por produtos computacionais de *hardware* e *software* que atrelados a recursos humanos e dados espaciais integram e torna possível a coleta, armazenamento e processamento de dados geográfico, assim como a análise de dados georreferenciados, bem como a produção de informação derivada de sua aplicação (MCLANE et al., 2011). Tais programas têm fundamental importância para o desenvolvimento de trabalhos e estudos, a integração entre SIG e sensoriamento remoto se mostra eficiente pela a classificação de imagens, visto a qualidade do produto temático gerado (ANTUNES et al., 2017).

A consonância entre sensoriamento remoto e SIG viabiliza uma gama de possibilidades e recursos para estimar cobertura vegetal, estrutura do dossel, solo exposto e biomassa, por exemplo. De acordo com Guilherme et al. (2016), o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (do inglês *Normalized Difference Vegetation Index* – NDVI) consiste em uma das variáveis mais utilizadas e promissoras para se estimar a ocupação do solo a partir do valor numérico do brilho, permitindo mapear, quantificar e determinar a condição da vegetação a partir do valor numérico do brilho, (CARDOZO, PIMENTA, RIBEIRO, 2016).

3.7 PRODUTOS DE MODELOS DIGITAIS DE TERRENO: ORIENTAÇÃO DE VERTENTES E MODELO DIGITAL DE ELEVAÇÃO

De acordo com a divisão de processamento de imagens do INPE, define-se por orientação de vertente a direção da variação da declividade e geometria de exposição da superfície em que o terreno é representado sob esquema de relevo. Para Dias et al. (2010), a variação de vertente define-se como o ângulo azimutal correspondente à maior inclinação do terreno, no sentido descendente e é expressa em graus, de 0° a 360°, amplamente utilizada para análise de feições de terreno. A orientação de vertentes contribui de modo eficaz na modelagem para estudos da biodiversidade, através da identificação das características hidrogeomorfológicas naturais como infiltração e escoamento de água, conhecer a orientação de vertentes contribui para prevenção de lixiviação, transporte de sedimentos e processos erosivos (BARBOSA et al., 2010).

A caracterização geomorfológica de bacia hidrográfica é de extrema importância para, porque contribui com sua análise da bacia e viabiliza o manejo e conservação, e implica em sua cobertura vegetal (ROSA et al., 2017). Mapas morfométricos podem ser gerados a partir do MDE (Modelo Digital de Elevação), apresentando declividades e altitudes para uma melhor representação da área (ROBERTO; SOUZA; SILVA, 2016). Os modelos digitais de elevação

são dados topográficos importantes para caracterização hidrológica de bacias (JARIHANI et al., 2015).

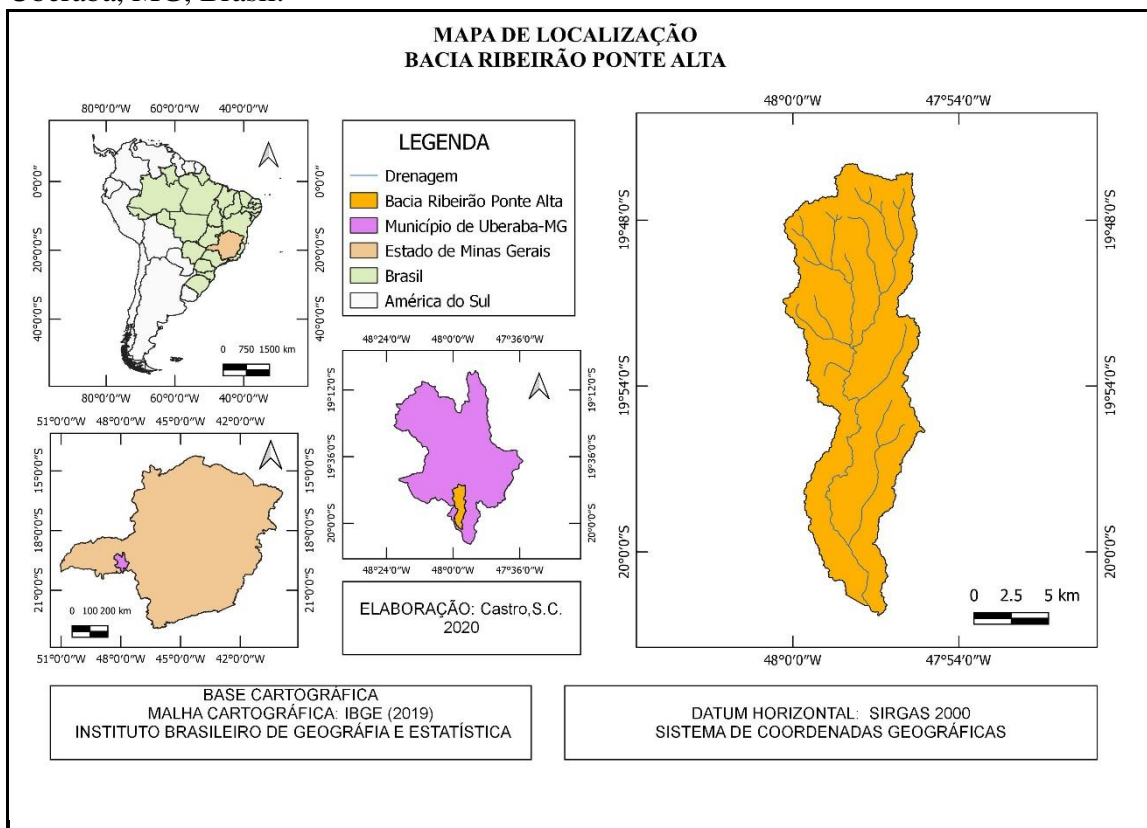
4 MATERIAL E METÓDOS

4.1 ÁREA PESQUISADA

4.1.1 Caracterização da Bacia

O estudo será desenvolvido na bacia do Ribeirão Ponte Alta, situado no município de Uberaba –MG (Figura 2), entre as coordenadas $19^{\circ}45'57.35''\text{S}$ - $47^{\circ}57'50.52''\text{O}$ e $20^{\circ}02'27''\text{S}$ e $47^{\circ}58'14''\text{O}$, compreendendo uma área de 16.464,29 ha (dezesesseis mil hectares, quatrocentos e sessenta e quatro ares e vinte e nove centiares) ou 164,65 km² (Figura 2); destes, 136,74 (Cento e trinta seis hectares e setenta e quatro ares) estão dentro do fuso 22 S, e 16,327,55 (Dezesesseis mil hectares, trezentos e vinte e sete ares e cinquenta e cinco centiares) estão dentro do fuso 23. Assim, 99,17% da bacia hidrográfica está dentro do fuso (zona) 23 S, sendo justificada a adoção de 23 S – Projetada.

Figura 2– Mapa indicando a localização geográfica da bacia do Ribeirão Ponte Alta, Uberaba, MG, Brasil.



Fonte: Do autor, 2020

A região apresenta clima classificado como Aw de acordo com a Köppen e Geiger, com variação de temperatura anual média de 8°0 C, com valores indo de 17,7° C até 25,7° C no decorrer do ano (CLIMATE, 2020; NOVAIS, 2011). A precipitação tem valores médios mensais que apontam uma estação seca entre os meses de maio a setembro e uma estação chuvosa entre os meses de outubro a abril (SILVA; GUIMARÃES; TAVARES, 2003).

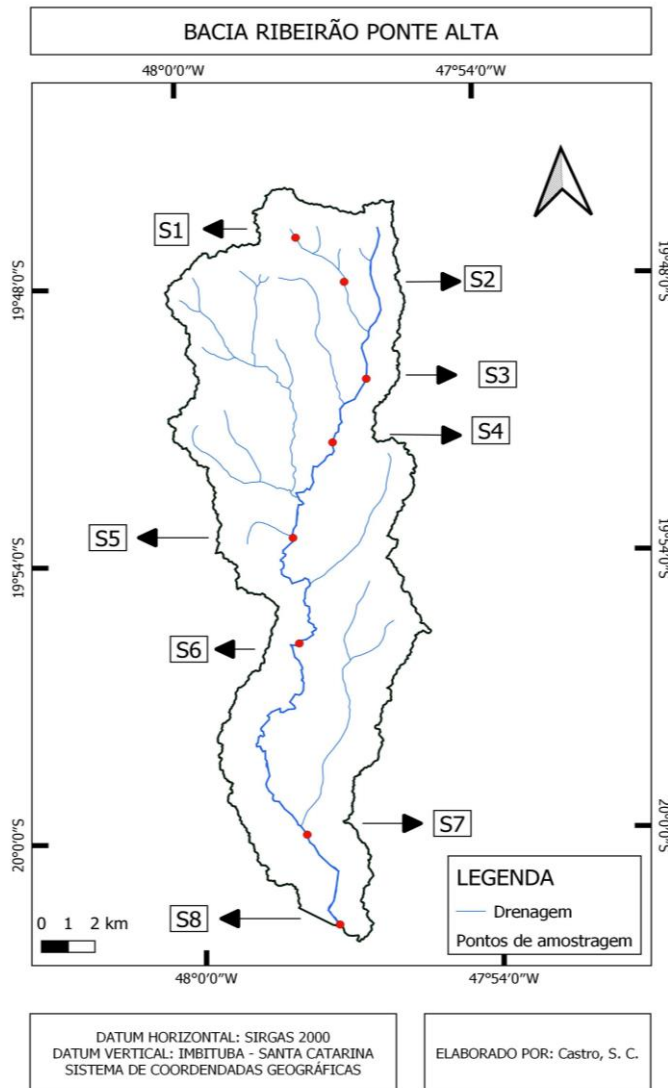
De acordo com Valle Junior et al. (2012), o solo característico da região de Uberaba-MG é muito variado, em sua maioria de textura média. De modo geral é classificado como Latossolos de diferentes graus de fertilidade, com predominância em Latossolo Vermelho distroférico textura média, Latossolo Vermelho típico e Argissolo Vermelho amarelo. Topograficamente, a região tem superfícies pouco onduladas a planas, formadas por arenito (SILVA et al., 2013).

4.1.2 Pontos Amostrais

A definição dos pontos de amostragem foi realizada mediante uma análise prévia do uso e ocupação do solo da Bacia Ribeirão Ponte Alta, a fim de inferir os diferentes níveis de interferência humana. Isso possibilitou a definição dos pontos amostrais estrategicamente em locais de diferentes alterações na paisagem natural.

Dada a extensão da bacia, um estudo de logística de rotas foi feito utilizando o *Google Earth* e a versão livre do aplicativo *Geo Tracker*, versão 4.0.21750 de 25 de agosto de 2019. Esses dois recursos juntos permitem traçar rotas em pontos pré-determinados. Traçados os pontos, realizou-se uma primeira visita de campo com o objetivo de reconhecer a área e averiguar a acessibilidade para a coleta de material. Foram selecionados oito pontos amostrais, cujas coordenadas geográficas definitivas foram determinadas utilizando GPS de navegação portátil Garmin. As coletas para análises biológicas e físico-químicas foram realizadas nesses oito pontos, distribuídos ao longo da bacia, da cabeceira até a foz do rio principal (Figura 3).

Figura 3 – Pontos amostrados da Bacia Ribeirão Ponte Alta

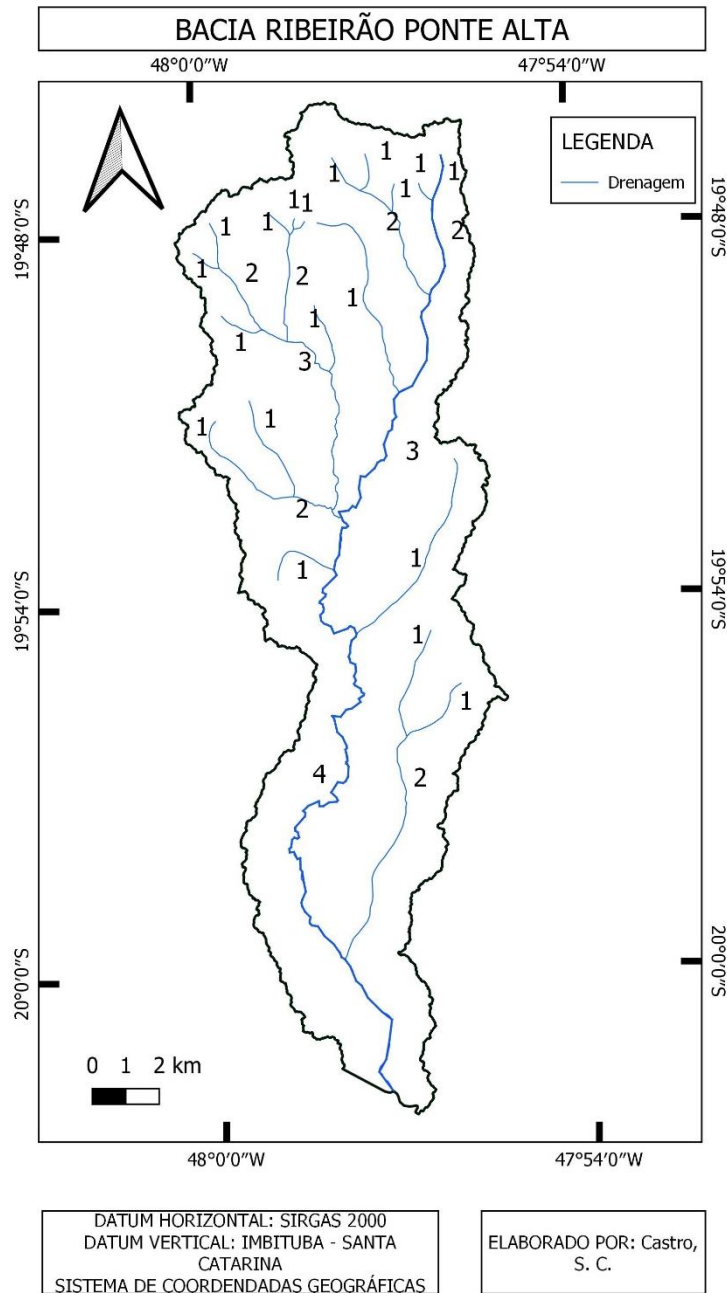


Fonte: Do Autor, (2020); Exército Brasileiro. Carta (1988)

4.1.3 Drenagem

A Bacia do Ribeirão Ponte alta é componente da drenagem do Rio Grande, sua rede de drenagem tem densidade de 0,599758882 km/km², e é composta pelo curso d'água principal, denominado Ribeirão Ponte Alta, que leva o nome da bacia por ser o corpo receptor dos demais e pelos afluentes: Córrego Bocaina ou Vertente, Córrego do Mará, Córrego do Quartel, Córrego das Toldas e Córrego Cachoeira, de acordo com o representado na Figura 4, a composição de cursos d'água que variam de 1° a 4° ordem (*sensu* STRAHLER, 1957).

Figura 4– Composição da hierarquia Fluvial do Ribeirão Ponte Alta



Fonte: Do Autor, (2020); Exército Brasileiro. Carta (1988)

4.2 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

4.2.1 Uso e ocupação da Bacia Ribeirão Ponte Alta

As características morfométricas e cobertura do solo da bacia do Ribeirão Ponte Alta e seus respectivos uso e ocupação serão determinados com recursos de sensoriamento remoto (imagens orbitais), dados do SIG e observação de campo. O programa utilizado para a tabulação

de dados do SIG será o QGIS versão 3.10.6, que é um aplicativo profissional GIS livre e de código aberto, construído a partir de *Software Livre* e de Código Aberto, *Free and Open Source Software* (FOSS). Esse software permite visualizar, compilar e editar dados SIG.

Como fonte de banco de dados SIG, serão utilizadas imagens de satélites advindas da constelação de satélites denominada *PlanetScope*, e *EarthExplorer - USGS*. A *PlanetScope* opera mais de 150 satélites que, juntos, fornecem diariamente dados geoespaciais da cobertura do solo, com frequência e resolução capazes de auxiliar no entendimento das mudanças de cobertura do solo ocorrida. Todos os dias sua constelação de satélites orbita os polos a cada 90 minutos, capturando toda a massa terrestre, com uma capacidade de coleta de 200 M + KM²/dia; sua resolução é de três metros (pixel reamostrado) e bandas (RBG, NIR, são mais de 10 bilhões de quilômetros quadrados de imagens, com dados proprietários desde 2009 e conjuntos públicos de dados até 1972 (PLANET TEAM, 2017). Seus dados estão disponibilizados para download gratuito com autorização para uso exclusivo a fins científicos e acadêmicos, sem concessão para comercialização. A imagem do Planet Scope utilizada foi rastreada em 05 de julho de 2020.

O canal de drenagem foi determinado por interpretação visual, tendo como base duas cartas topográficas que compreendem a área da Bacia Ribeirão Ponte Alta e imagens de satélites do *PlanetScope* e *Google Earth*. As cartas utilizadas foram elaboradas pelo Ministério do Exército - Diretório de serviços cartográficos, no ano de 1988, ambas projetadas em escala 1:25000, com Projeção UTM – Universal Transversa de Mercator, Datum Vertical Imbituba – Santa Catarina, Datum Horizontal Sad 69 – Minas Gerais (DIRETORIA DE SERVIÇO GEOGRÁFICO, 1988) e Imagens Planet Scope Imagem LANDSAT 8.

A utilização de cartas topográficas em paralelo ao uso de imagens de satélites é importante para minimizar erros quanto à interpretação dos cursos d'água. Nem sempre é possível visualizar com clareza o percurso feito pelos corpos hídricos nas imagens de satélite, pois sofrem interferência de vegetação, nuvens ou outros objetos que dificultam a captura da imagem pelo sensor, ou até mesmo falhas de captura advindas dos próprios sensores. De acordo com Shanmugam; Ahn; Hyung Ryu, (2004) técnicas convencionais de interpretação de imagens fornecem informações precisas podem fornecer informações sem precisão, resultando em interpretações e classificações incorretas, como por exemplo a discrepância entre informações reais e extraídas, advindas de uma confusão espectral e resolução espacial do sensor, gerando a ocorrência de pixel de mistura “mixels”, que é uma das fontes de erros em classificação de imagens.

No *Software* Qgis 3.10.6 o projeto foi configurado sob projeção Universal Transversa de Mercator (UTM), fuso 23, datum planimétrico SIRGAS2000 (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas). Em seguida, as cartas topográficas foram georreferenciadas de acordo com o sistema de coordenadas do projeto, a ser feito utilizando o complemento georreferenciador GDAL. Essa ferramenta permite georreferenciar arquivos “*raster*”s para sistemas de coordenadas projetadas ou geográficas, criando um arquivo *GeoTiff* dentro do sistema desejado. Com a carta georreferenciada e imagens orbitais devidamente importadas dentro do projeto, a vetorização será consolidada tomando como base a interpretação dos dados visualizados.

A análise da topologia foi realizada mediante interpretação das SIG anteriormente descritas, utilizando o *Software* Qgis. As classes de solo vetorizadas utilizando a ferramenta “digitalizar”. Para excluir eventuais erros topológicos, foi utilizado o complemento “verificador de topologia”. Esse algoritmo propõe criar uma representação válida da geometria inválida, sem perda de vértices da camada de entrada, corrigindo de forma automática erros topológicos, como sobreposições, lacunas, ou geometrias inválidas, evitando assim erros nos cálculos das áreas (GUILHERME et al., 2016). Após os devidos ajustes, a áreas foram calculadas utilizando a ferramenta “calculadora de campo”. A área apresenta uma diversidade de culturas de ciclo curto (culturas anuais) que, quando visualizadas em imagens de satélite, apresentam similaridades entre si. Como não serão utilizados recursos avançados de fotogrametria para identificação das espécies cultivadas, visitas de campo esporádicas serão realizadas a fim de conhecer e identificar as áreas cujo diagnóstico eventualmente não foi possível remotamente.

4.2.2 Uso e ocupação dos pontos amostrados

Para garantir maior precisão nos resultados obtidos com interpretações do uso e ocupação do solo, foi determinado um *buffer* com raio de 500 metros a partir de cada um dos 8 pontos amostrados, distância considerada suficiente estimar as alterações ocorridas em cada ponto.

O uso e ocupação do solo foi determinado utilizando imagens de satélite do Google Earth Pro, com rastreamento em 2021, data similar a coleta de material para o biomonitoramento. O *software* Google Earth Pro foi escolhido por disponibilizar imagens datadas com o mesmo período de visitas e coletas de campo, pela gratuidade e fácil acesso a plataforma, Thoha (2008) afirma que as imagens Pro são de mais fácil interpretação que imagens Landsat.

As imagens foram salvas em formato JPGE, com escala de 1:100 e resolução de 4800 x 2798 e importadas para o Software Qgis 3.10.6. Para georreferenciar as imagens foi utilizado a ferramenta georreferenciador GDAL.

Todas as Classes presentes em um raio de 500 metros a partir de cada ponto amostrado foram vetorizadas, no final obteve-se o percentual de cada tipo de uso e ocupação do solo presente nas áreas limítrofes aos oito pontos distribuídos, no decorrer o perímetro do Ribeirão Ponte Alta.

4.3 REPRESENTAÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DA BACIA RIBEIRÃO PONTE EM CLASSES

O mapa de uso e ocupação do solo expõe a área ocupada pela cidade, e por meio de imagens de satélite, é possível notar que a presença de novos bairros é crescente.

O uso e ocupação do solo da Bacia Ribeirão Ponte Alta está apresentado por 6 classes (área urbanizada, rodovias, vegetação, culturas, áreas agricultáveis, pasto, espelho d'água, e edificações).

As classes de uso do solo e os critérios usados para a determinação de cada classe foram:

- Vegetação – nessa classe estão inclusos todos os tipos de vegetação nativa do bioma presentes na bacia.
- Pasto – não distinguindo diferentes tipos de pastagens cultivadas in loco, e seu estados de conservação;
- Culturas – nessa classe estão inclusas todas as culturas de origem plantadas (culturas anuais de ciclos curtos e silviculturas);
- Edificações – foram calculados os solos onde foi possível visualizar benfeitorias construídas em perímetro rural, tais como: casas, currais, infraestruturas industriais; -
- Área Urbanizada – foram considerados os bairros, ruas e construções dentro do perímetro urbano
- Rodovias;
- Espelho d'água – para essa classe foram considerados os barramentos e represas;

Os espelhos d'água referentes foram desconsiderados pela sua intermitência e pela impossibilidade de rastreamento de sua superfície por imagens orbitais; a vegetação ripária, quando presente, não permite que o sensor dos satélites capte a imagens dos espelhos d'água, por formar um dossel e recobre a superfície inundada.

4.4 PRODUTOS DE MODELAGEM DIGITAL

Para compor a modelagem digital da bacia, foram definidos a delimitação o perímetro da bacia e algumas de suas características morfométricas fundamentais. A modelagem digital de um terreno preconiza estabelecer formas físicas, fenômenos terrestres, dinâmica, sensibilidade da bacia, assim como seus processos de deterioração (SILVA et al., 2013). Ainda, de acordo com Silva et al. (2013), o estudo geomorfológico, em especial declividade e altitudes são mecanismos importantes para compreender processos erosivos, já que os declives e formações rochosas compõe a paisagem natural, outrossim a rede de drenagem fluvial também tem sua contribuição para o cenário de uma bacia.

A utilização de recursos de geoprocessamento permitirá definir os limites da bacia hidrográfica e confecção de seu modelo digital da elevação (MDE). Para a construção desse modelo, será utilizando o banco da plataforma Alaska Satellite Facilit, que disponibiliza imagens do satélite ALOS (Advanced Land Observating Satellite). A ASF faz parte do Instituto Geofísico da Universidade do Alasca Fairbanks, que opera o arquivo da NASA de dados de radar de abertura sintética (SAR), processando arquivos e disponibilizando dados de sensoriamento remoto para usuários de todo o mundo, com o objetivo de incentivar a pesquisa científica nacionais e internacionais da ciência da terra.

AlosPalsar, que é um Radar de abertura sintética tipo LOS com faixa em fase ALOS de 2006 a 2011, com resolução espacial de 12,5 m. (FAIRBANKS, 2020).

Ainda de acordo Fairbanks (2020), o AlosPalsar é um instrumento de observação avançada terrestre, desenvolvido com o objetivo de fornecer dado que contribuam com mapeamentos de campo, observação da cobertura da terra, monitoramento e levantamento de recursos. O ALOS era uma missão da Agência Aeroespacial do Japão denominada JAXA.

Será montado um banco de dados geodésico, com imagens de satélite e informações geográficas pertinentes à área, tais como fuso, meridiano e projeção a ser adotada.

Com o propósito de garantir que a imagem selecionada para a construção da modelagem tenha qualidade satisfatória e cobertura de abrangência em toda a Bacia do Ribeirão Ponte Alta, foi feito uma seleção prévia da imagem na plataforma *on-line* da ASF; após triagem, o arquivo contendo o MDE do satélite AlosPalsar foi baixado e manipulado utilizando o software QGIS versão 3.10.6 a determinar os limites da bacia e sucessivamente construir modelagem digital do terreno.

É essencial definir a projeção, fuso (zona) e meridiano em que o projeto será desenvolvido antes de dar início à manipulação de dados, visto que projetos desenvolvidos sob configurações geográficas incorretas geram sérios erros cartográficos. De acordo com dados descritos no Atlas Geográfico Escolar do IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, o município de Uberaba-MG compreende os fusos 22 e 23 (IBGE, 2002). A projeção a ser adotada em todo é Universal Transversa de Mercator (UTM), fuso (Zona) 23 S, Meridiano Central (MC) 45°, datum planimétrico SIRGAS2000 (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas).

Com a projeção devidamente configurada, a imagem acima citada, advinda do satélite AlosPalsar deverá ser importada e processada no *software* Qgis, com a ferramenta “saga” presente no Qgis utilizando o algoritmo *Fill*. Procedeu-se com processamento que objetiva corrigir as eventuais depressões presentes nos pixels, uma nova camada “*raster*” será criada, a partir de então toda modelagem usará está como princípio.

De acordo com Mito et al., (2014) bacias hidrográficas têm papel importante no cenário ambiental, e são relevantes para gestão territorial. Sua delimitação morfométrica pode ser de forma tradicional, em que manualmente seus limites são determinados com o uso de cartas topográficas, ou de forma automática, com o uso de software GIS. Para este estudo será utilizado a delimitação automática pelo software QGIS versão 3.10.6 conforme segue. A delimitação automática, requer supervisão para reparo dos ruídos (erros) intrínsecos a própria imagem de radar.

Com a ferramenta *Channel network and drainage basins*, ferramenta SAGA do QGIS, a bacia foi delimitada automaticamente. Para isso, o software usa como parâmetros os *pixels* de maior altitude presentes na imagem de satélite e cria um arquivo vetorial, com a bacia de drenagem delimitada. Podem ser geradas bacias limítrofes à Bacia Ribeirão Ponte Alta que também estão presentes na imagem “*raster*” original, mas elas devem ser descartadas. Eventuais erros também podem surgir na camada “*raster*” gerada e devem ser corrigidos manualmente. Se a correção não for possível ou descaracterizar a bacia, uma nova imagem de satélite deve ser selecionada e o processo refeito.

4.4.1 Representação do relevo utilizando MDE ALOS PALSAR

O relevo foi apresentado pelo com o percentual de cada classe, de acordo com a classificação de relevo estipulada pela EMBRAPA (1979), (Tabela 2). Utilizando a “*raster*” corrigida, (oriunda do MDE do satélite ALOS) foi gerado uma nova camada, de forma

automática pelo software Qgis, contendo o logaritmo “*r.reclass*”, do programa Grass, que permite reclassificar a camada “*raster*” categorizando de acordo com as devidas declividades, expressas em porcentagem, em que cada tipo de relevo (plano, suave-ondulado, forte-ondulado, montanhoso, forte-montanhoso) a caracterização recebeu uma cor característica, que enquadra o percentual de declividade de acordo com Tabela 2.

Tabela 2 - Descrição dos tipos de relevo segundo EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.

Relevo	Declividade (%)	Descrição
Plano	0 a 3	Superfície de topografia esbatida ou horizontal, onde os desnivelamentos são muito pequenos.
Suave-ondulado	3 a 8	Superfície de topografia pouco movimentada, constituída por conjunto de colinas e/ou outeiros (elevações de altitudes relativas da ordem de 50 a 100 m, respectivamente), apresentando declives suaves.
Ondulado	8 a 20	Superfície de topografia pouco movimentada, constituída por conjunto de colinas e/ou outeiros.
Forte-ondulado	20 a 45	Superfície de topografia movimentada formada por outeiros e/ou morros (elevações de 100 a 200 m de altitude relativa)
Montanhoso	45 a 75	Superfície de topografia vigorosa, com predominância de formas acidentadas, usualmente constituída por morros, montanhas, maciços área de planalto e alinhamentos montanhosos.
Forte-montanhoso	> 75	Regiões ou áreas com predomínio de formas abruptas, compreendendo escapamentos tais como: aparados, itaimbés, falésias, vertentes de declives muito fortes de vales encaixados.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Súmula da 10. Reunião Técnica de Levantamento de Solos. Rio de Janeiro, 1979. 83p. (EMBRAPA-SNLCS. Micelânea, 1).

Para compor os parâmetros sobre a declividade também foi aplicado em um *Buffer* 500 metros a partir do Ribeirão Ponte Alta, os dados altimétricos contidos neste *buffer* foram submetidos a metodologia de Lepsch et al. (1991) e analisados.

4.4.2 Representação do relevo utilizando carta topográfica

Utilizando as cartas elaboradas pelo Ministério do Exército - Diretório de serviços cartográficos, no ano de 1988, ambas projetadas em escala 1:25000, com Projeção UTM – Universal Transversa de Mercator, Datum Vertical Imbituba – Santa Catarina, Datum Horizontal Sad 69 – Minas Gerais (DIRETORIA DE SERVIÇO GEOGRÁFICO, 1988).

Silva, Souza e Nogueira (2012) asseguram que há uma séria de informações geográficas contidas em arquivos analógicos. Esses documentos, quando transformados em digitais e combinados com outras fontes de dados, compõe excelente bancos de dados SIG. Neste contexto, foram gerados o MDE e classes de declividades, a partir da vetorização de curva de nível com equidistâncias de 50 metros para as curvas mestras e 10 para as secundárias e ponto cotados, a proceder da seguinte forma:

Utilizando o Software Qgis 3.10.6, o projeto foi configurado sob projeção Universal Transversa de Mercator (UTM), fuso 23, datum planimétrico SIRGAS2000 (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas). Em seguida, as cartas topográficas foram georreferenciadas de acordo com o sistema de coordenadas do projeto, utilizando o complemento georreferenciador GDAL.

A interpolação das camadas “curvas” e “pontos” foi realizada utilizando a ferramenta “interpolação TIN”, pelo método de interpolação linear, configurado com *pixel* de 10 metros.

4.4.3 Mapa hipsométrico

Com o objetivo de representar declividade, foram gerados, dois mapas hipsométricos, um a partir da camada “*raster*” do ALOS PALSAR, e um a partir da interpolação das curvas vetorizadas da carta topográfica. Em ambos, foi aplicada a mesma simbologia, a caracterização está expressa de acordo com as altitudes presentes na superfície da bacia de drenagem. Para tal, foram definidos oito classes, com renderização banda simples falso-cor, interpoladas com método discreto, de acordo com as seguintes altitudes < que 524,8m; 524,8 m a 550,00m; 550,00m a 600,00m; 600,00m a 650,00m; 650,00m a 700,00m; 750,00m a 800,00m e > 800,00m. O mapa hipsométrico foi gerado com as representações das altitudes no decorrer a superfície da bacia hidrográfica, podendo assim identificar os locais de maior ou menor depressão.

4.5 PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO RÁPIDA

Para o diagnóstico ambiental foi aplicado o PAR – Protocolo de Avaliação Rápida, por Callisto et al. (2002). Os aspectos a serem avaliados e seus respectivos parâmetros estão expressos no ANEXO B (Quadros I e II). O PAR avalia um conjunto de parâmetros em categorias descritas e pontuadas com os valores de 0 a 4 (que implicam em atividade antrópica) de acordo com o Quadro I e 0 a 5 no Quadro II (que implicam no estado de conservação natural). Os valores são determinados de acordo com as condições de habitat observadas. Ao final, foi obtido um valor final a partir da somatória dos valores que foram atribuídos independentemente a cada um dos parâmetros.

A somatória dos pontos determina a classificação do estado de conservação dos pontos da do corpo hídrico observados:

- de 0 a 40 pontos: trechos “impactados”;
- de 41 a 60 pontos: trechos “alterados”;
- acima de 60 pontos: trechos “naturais”.

Os Protocolos de Avaliação Rápida de rios proporcionam análises em corpos hídricos e ecossistemas, o objetivo é avaliar o estado conservação natural e alterações antrópicas que causam perturbações ambientais (BIZZO, 2014). Para tal, as características do ambiente foram analisadas *in loco* e por interpretação visual de imagens de satélite do *Google Earth* referente ao mês de abril de 2021.

4.6 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

Os seguintes parâmetros físico-químicos foram avaliados, *in loco*, nos 8 pontos amostrais:

- porcentagem de saturação de oxigênio dissolvido (%ODsat);
- concentração de oxigênio dissolvido (OD);
- pH;
- temperatura;
- condutividade elétrica (CE)
- Potencial de Oxirredução (ORP)
- Turbidez (NTU)
- Sólidos Totais Dissolvidos (TDS)
- Salinidade (SAL)

- Nitrato (NO_3)
- Potássio (K^+)

Os parâmetros: %ODsat, OD, pH, temperatura, CE, ORP, NTU, TDS, SAL foram obtidos utilizando Sonda Horiba (Figura 5).

Figura 5 - Medição de parâmetros físico-químicos no Ribeirão Ponte Alta utilizando Sonda Horiba



Do Autor, 2021

Para obter os valores referentes a NO_3 e K^+ , foi utilizado medidor de ION LAQUAtwin K11 (Figura 6), devidamente calibrada antes de cada medição.

Cada medição foi realizada em triplicata. Os dados foram tabulados no Excel®, onde obteve-se a média aritmética simples e o desvio padrão de cada ponto.

Os padrões de qualidade da água foram determinados de acordo com o estabelecido na resolução CONAMA nº 357/2005 para corpos d'água classe II e recomendações do Apêndice E do Relatório de Qualidade das Águas Interiores da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – Cetesb (2020).

Figura 6- Medição de parâmetros físico-químicos no Ribeirão Ponte Alta utilizando medidor de ION LAQUAtwin K11



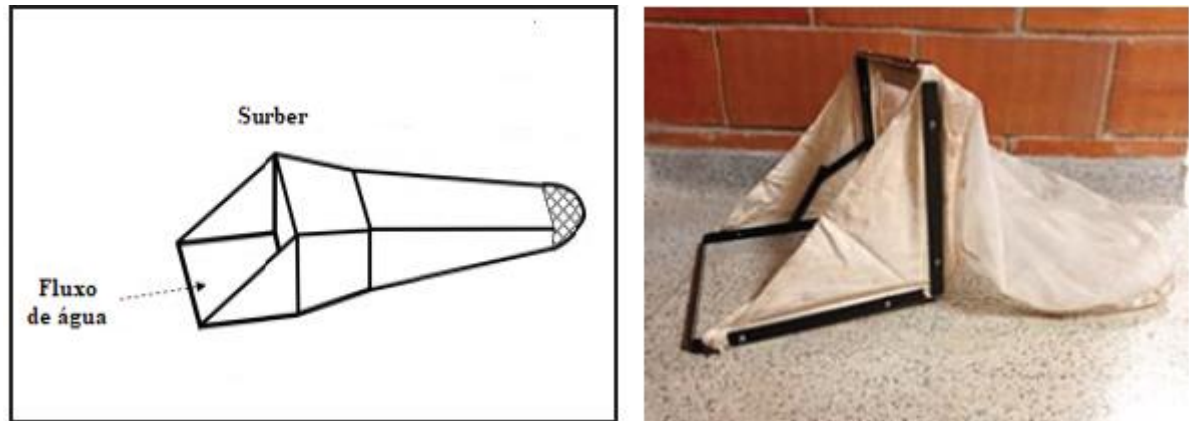
Fonte: Do Autor, 2021

4.6 BIOMONITORAMENTO COM MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS

4.6.1 Avaliação da qualidade da água utilizando macroinvertebrados bentônicos

Amostras do sedimento foram coletadas nos 8 pontos, utilizando um amostrador do tipo Surber (aço inox, área de 900 cm² e tela de nylon de 250 µm) (Figura 7), em triplicata. Este tipo de amostrador é ideal para pequenos riachos, com profundidade de aproximadamente 30 cm de profundidade (CORBI, 2021), posicionado pelo operador no sentido da jusante para a montante, rente ao substrato (Figura 8).

Figura 7 - Amostrador tipo Surber



Fonte: Adaptado de HAUER; RESH (2017); CORBI (2021).

Figura 8 – Coleta utilizando amostrador tipo Surber



Fonte: Do Autor, 2021

O material coletado foi acondicionado em potes plásticos contendo etanol 70%, devidamente fechados e etiquetado. A fixação foi imediata à coleta, a fim de preservar as amostras sem o comprometimento da comunidade bentônica (BARBOSA et al., 2016; IP, 2008).

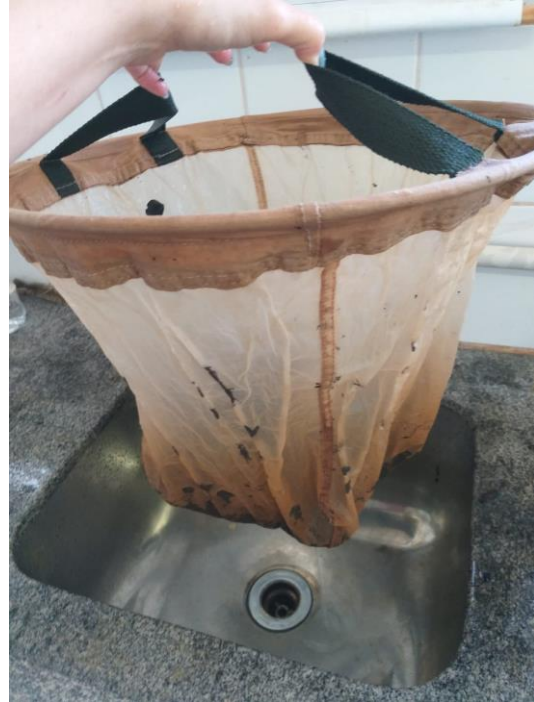
A triagem foi feita no laboratório de Processos Ambientais da UFTM (campus Univerdecidade – Unidade I) em 3 etapas. Primeiramente, para retirar o excesso de sedimento as amostras foram lavadas com peneira com abertura de 250 μm (Figura 9).

Figura 9 – Lavagem de sedimento

A -



B -



Fonte: Do Autor (2021)

Em seguida, foi realizada a primeira triagem a olho nu. O sedimento foi colocado em bandeja plástica com solução hipersaturada de NaCl (Figura 10). Nesse momento, os organismos de corpos menos densos ficavam em suspensão, eram coletados e acondicionados em frascos com etanol 70%.

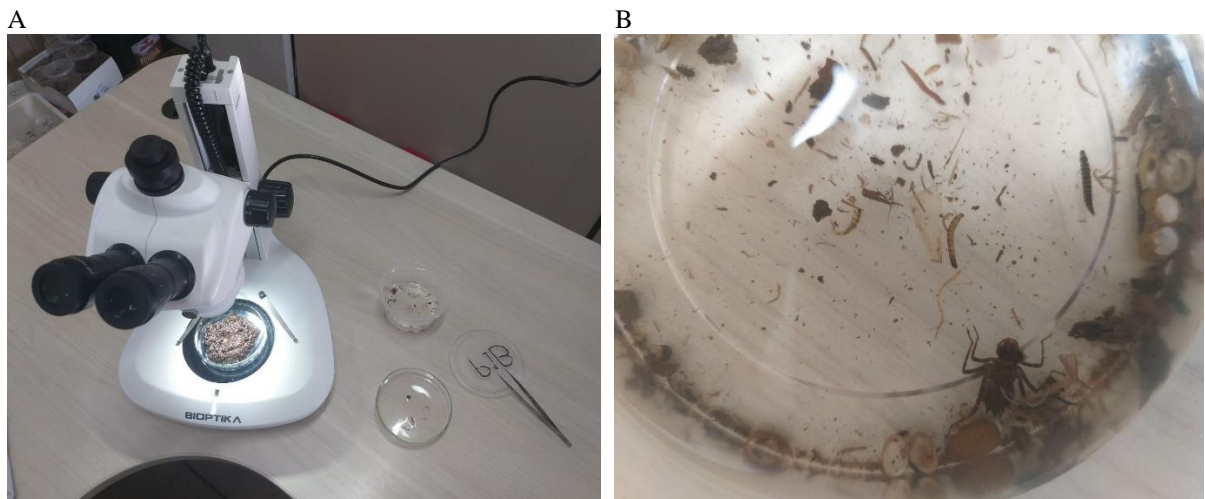
Figura 10 – Sedimento em solução hipersaturada



Fonte: Do Autor, 2021

A próxima triagem foi realizada utilizando lupa eletrônica (Figura 11), quando pequenas quantidades de sedimentos foram dispostas em placas de Petri, possibilitando a visualização de organismos imperceptíveis a olho nu. Os animais foram colocados nos frascos com etanol.

Figura 11– Triagem utilizando lupa eletrônica



Fonte: Do Autor (2021)

Todos os animais coletados foram armazenados em tubos centrífuga de 50mL para os de maior porte e microtubos de 1,5 mL (Figura 12), contendo álcool etílico 70%. A contagem

e identificação taxonômica foi realizada utilizando chaves de identificação (COSTA; IDE; SIMONKA, 2006; MUGNAI, R.; NESSIMIAN, J. L.; BAPTISTA, 2010, Segura et al., 2011).

Figura 12– Triagem e identificação



Fonte: Do Autor, (2021)

A avaliação da comunidade de macroinvertebrados foi feita pelo índice de diversidade de Shannon-Wiener (H') e Índice de equitabilidade de Pielou (J') (KREBS, 1989), expressos nas Equações 3, 4 e 5:

$$H' = - \sum (P_i \cdot \ln p_i) \quad (3)$$

Em que:

$$P_i = n_i/N \quad (4)$$

P_i = abundância relativa de cada táxon identificado; n_i = número de indivíduos de um determinado táxon;

N = número total de indivíduos na amostra. $J = H'/H'_{\text{máx}}$.

(5)

$$J' = \frac{H'}{H_{\text{máx}}}$$

Em que:

H' = a diversidade observada (Obtida pelo índice de Shannon-Wiener) $H'_{\text{máx}}$ = Diversidade máxima

O Índice de Pielou aponta a abundância de indivíduos de acordo com as espécies, o índice de Shannon Wiener, indica a proporções quantitativas das espécimes e pode ser adotado a coleções maiores (GOMES, 2004; PIELOU, 1966).

Ainda, para estipular a dominância existente entre as comunidades, foi aplicado o índice de Berger-Parker (d). Ele calcula a relação entre o número de indivíduos da espécie mais abundante e o número de indivíduos de todas as espécies encontradas. É expresso pela Equação 6:

(6)

$$d = \frac{Nm_{\text{máx}}}{N}$$

Em que:

$Nm_{\text{máx}}$ = número de indivíduos da espécie mais abundante; N = número total de indivíduos da comunidade.





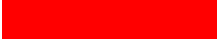
4.6.2 Qualidade da água estimada por macroinvertebrados bentônicos

Para apresentar a situação atual da qualidade da água foi adotado de acordo com Junqueira et al. (2018) (Tabela 3). Os táxons amostrados foram classificados de acordo com seu grau de tolerância à poluição (ANEXO A). Cada família recebeu uma pontuação, quanto maior a sensibilidade as alterações do meio em que se vive, maior é a pontuação atribuída, e quanto mais resistente a alterações do meio ambiente menor é a pontuação atribuída.

A pontuação segue em um gradiente de 01 a 10, onde o valor 10 é dado a famílias mais sensíveis (família que não sobrevive sob alto índice de contaminação), e 01 para as famílias mais tolerantes (famílias que não sobrevive em índices maior de contaminação) (Tabela 3).

Ao final da devida classificação de acordo com a tabela abaixo, os valores foram somados e o índice BMWP aplicado (Tabela 3).

Tabela 3 - Classes de qualidade da água segundo o somatório dos escores do BMWP - (*Biological Monitoring Working Party*) macroinvertebrados presentes nos pontos de coleta.

Classe	Score	Qualidade da água	Representação
I	≥ 86	Excelente	
II	64 – 85	Boa	
III	37 – 63	Satisfatória	
IV	17 – 36	Ruim	
V	≤ 16	Muito ruim	

Fonte: Adaptado Junqueira e Campos (1998).

4.7 ANÁLISE DE DADOS

Os dados obtidos a partir dos parâmetros físico químicas, biológicas e de usos ocupação do solo foram tabulados e analisados de acordo com a correlação e similaridade. As variáveis estatísticas foram calculadas utilizando o *software* Bioestat 5.3.

Para obter a correlação entre os parâmetros, o aplicou-se o teste de correlação de Pearson (TIMM, 2002), apresentada em matriz de correlação.

Onde:

- 0.9 para mais ou para menos indica uma correlação muito forte;
- 0.7 a 0.9 positivo ou negativo indica uma correlação forte;
- 0.5 a 0.7 positivo ou negativo indica uma correlação moderada;
- 0.3 a 0.5 positivo ou negativo indica uma correlação fraca;
- 0 a 0.3 positivo ou negativo indica uma correlação desprezível;

A similaridade foi apresentada em formato de dendograma considerando a matriz de similaridade.

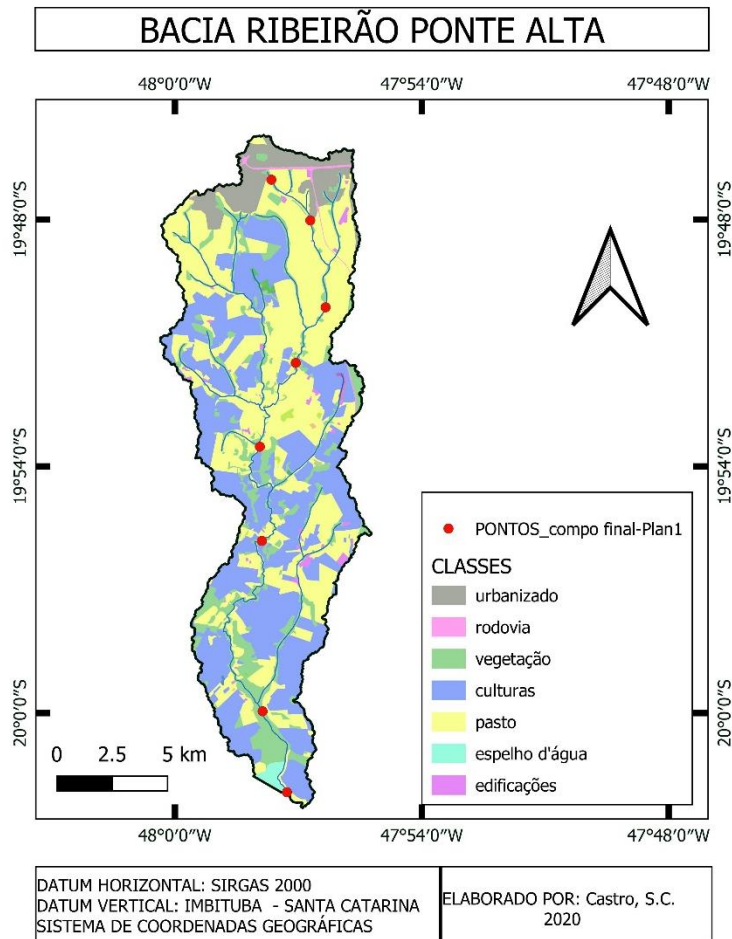
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

5.1.1 Uso e ocupação da Bacia do Ribeirão Ponte Alta

As classes definidas referentes ao uso e ocupação do solo da Bacia Ribeirão Ponte Alta (área urbanizada, rodovias, vegetação, culturas, áreas agricultáveis, pasto, espelho d'água e edificações), estão representadas em cores distintas, de acordo com a Figura 13.

Figura 13- Uso e ocupação do solo – Bacia Ribeirão Ponte Alta



Fonte: Do Autor,2020

A área em hectares e em percentual de ocupação por cada classe de uso do solo está expressa na Tabela 4.

Tabela 4 - Uso e ocupação do solo Bacia Ribeirão Ponte Alta

Classe	Área (ha)	Área (%)
Vegetação	2607,83	15,84
Pasto	6474,41	39,32
Culturas	5983,33	36,34
Edificações	187,46	1,14
Área Urbanizada	1019,69	6,19
Espelho d'água	102,53	0,62
Rodovias	89,04	0,54
Total	16.464,29	100,00

Fonte: Do autor, 2020

Por ser uma região agricultável, a área que compreende a bacia Ribeirão Ponte Alta conta com um percentual considerável de cobertura vegetal. De acordo Cardoso et al. (2012), ter o solo recoberto por vegetação é importante para redução de erosão hídrica. Entretanto, nota-se que apenas 15,84% da cobertura vegetal é natural, sendo as demais áreas ocupadas por pastagens e culturas. É característico de áreas rurais que a vegetação nativa, inclusive vegetação ripária, seja devastada para a plantação de culturas agrícolas (MENEZES et al., 2016). A Figura 4 apresenta o uso e ocupação da Bacia Ribeirão Ponte Alta.

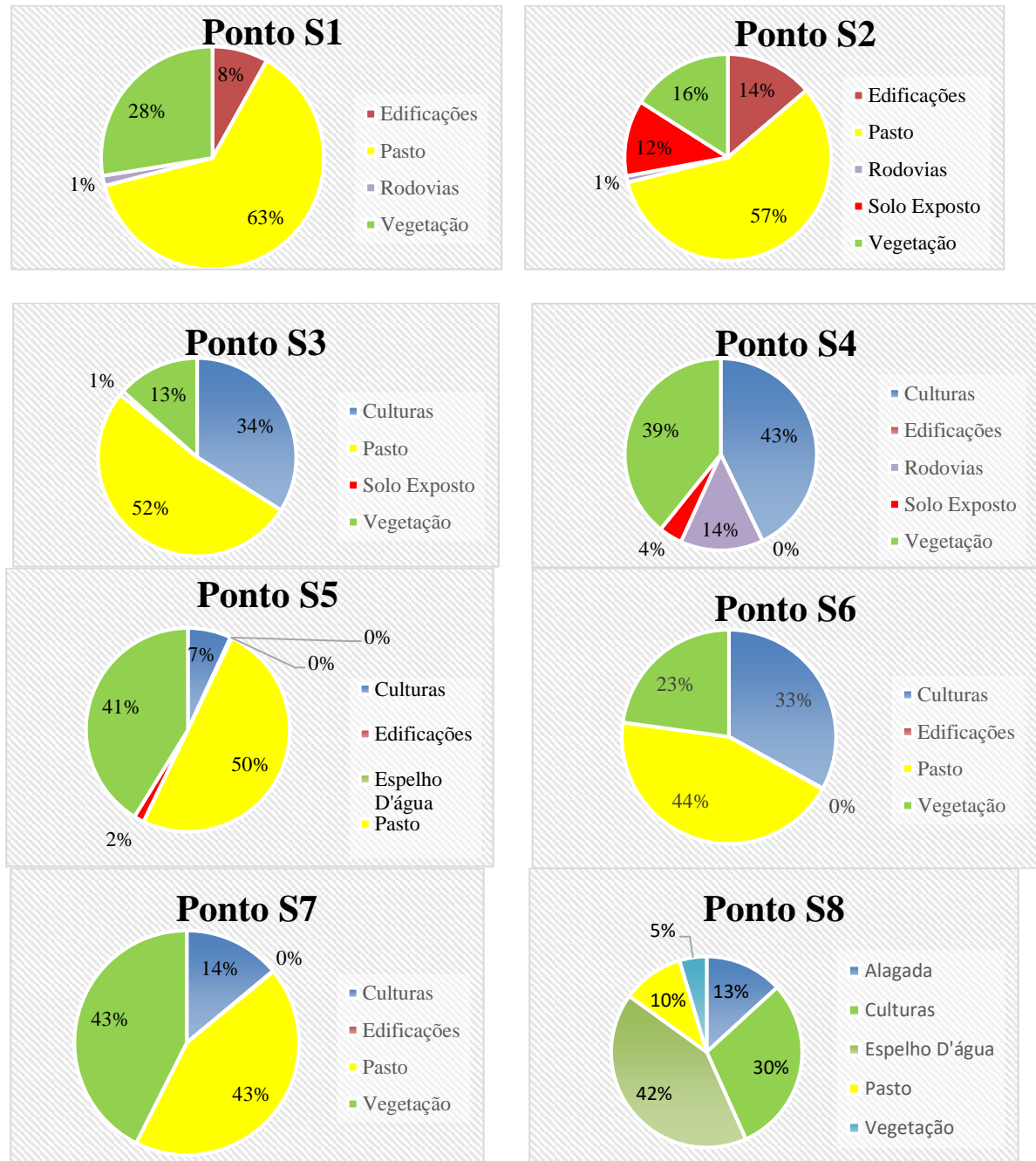
A matas ciliares e de galeria têm um importante papel para o ecossistema aquático e terrestre, fornecendo habitat e fonte de alimento para a fauna, controle de erosão e assoreamento dos leitos de córregos e rios, controle de temperatura e umidade, captura de CO₂ (Gás Carbônico) e liberação de O₂, dentre outros. Também funciona como um ecótono entre os ambientes aquático e terrestre, sua proteção aos componentes bióticos e abióticos é amplamente constatada (ALLAN, 2004; ROSEMOND, 2015). Portanto, o próximo passo desta pesquisa será testar como a ausência de vegetação ripária interfere nas comunidades de macroinvertebrados bentônicos.

5.1.2 Uso e ocupação do solo dos pontos amostrados

Conhecer o uso e ocupação do solo próximo aos pontos amostrados é importante para inerir as possíveis causas de contaminação no ambiente aquático, estudos realizados por concluem que os parâmetros de qualidade da água podem ser alterados de acordo com o escoamento superficial e variação de uso e ocupação do solo entre agriculturas, vegetação nativa, pastagens.

Os gráficos (Figura 14) apontam o percentual de cada classe presente nas áreas de entorno dos pontos amostrados.

Figura 14. Gráficos com a representação em percentual do uso e ocupação do solo em um raio de 500 metros a partir de cada ponto amostrado



Fonte: Autor, 2021

O uso alternativo do solo para a implantação de pastagem é uma prática comum, áreas como estas tem sua comunidade de macroinvertebrados bentônicos alteradas, os efeitos sobre a biota fluvial estão relacionados a extensão das atividades antrópicas desempenhadas (BRAND; MISERENDINO, 2015).

Exceto o ponto S4, todos os pontos desenvolvem pastagem, S1 e S3 compreendem mais de 50% de sua área de entorno ocupada por pastagem. O ponto S3 apresenta o cenário mais crítico, com 52% de pastagem e o menor índice de vegetação nativa de todos os pontos, de 23%.

O ponto S2 apresenta maior índice de edificações, isso ocorre porque o ambiente natural está gradativamente dando lugar a urbanização.

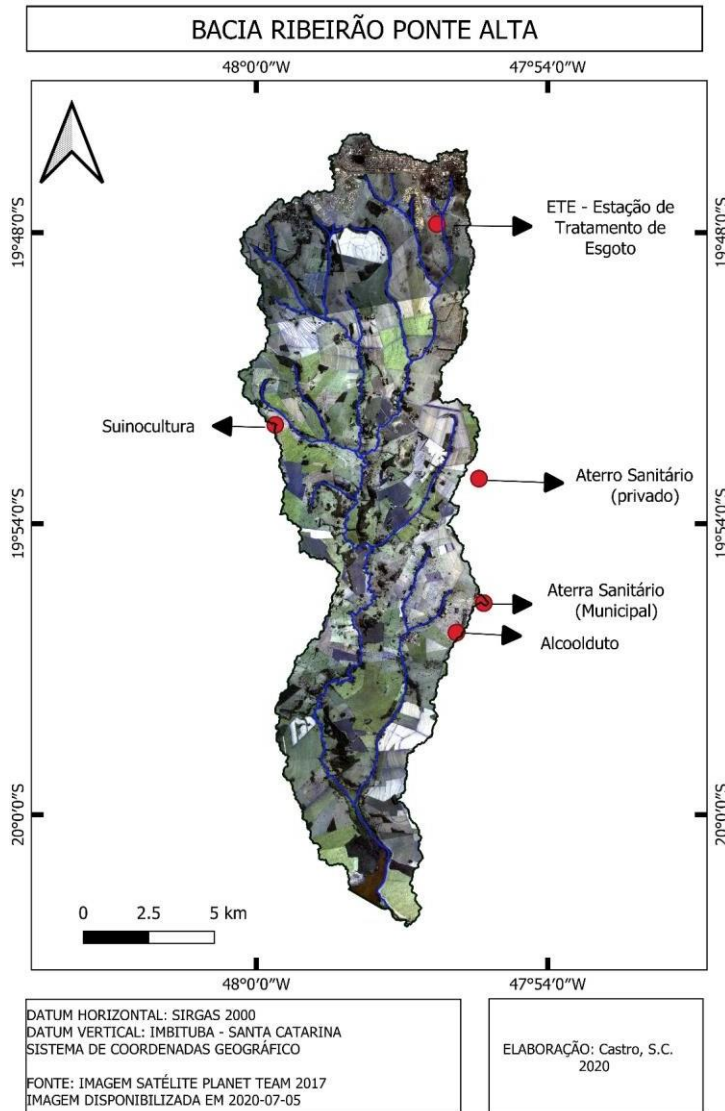
A agricultura está fortemente presente nos pontos S4, S5 E S6, já o ponto S8 é marcado por ser o único com presença de áreas alagadiças e planta aquáticas, estudo efetuados por (Clarke et al., 2004) mostram que quando há retirada da vegetação ripária, plantas invasoras poder ocupar o ambiente aquático e alterar seus nutrientes, principalmente quanto fosforo e nitrogênio.

5.2 ATIVIDADES INDUSTRIAIS PRESENTES NA BACIA RIBEIRÃO PONTE ALTA.

As atividades industriais influenciam no uso e ocupação do solo, a implantação de desenvolvimento de algumas práticas acarretam supressão da vegetação nativa, compactação do solo, e podem ser um indicador de contaminação dependendo os resíduos gerados, de acordo com análise em imagens de satélite a validação em campo, as principais atividades econômicas desenvolvidas na extensão da Bacia Ribeirão Ponte Alta é criação de bovinos, tratamento de efluentes, tratamento de resíduos sólidos, e alcoolduto (Figura 15).

De acordo com Gomes et al. (2017), atividades econômicas causam perturbações e alteram a qualidade das bacias hidrográficas. Portanto, tendo em vista as atividades da Bacia Ribeirão Ponte alta, serão considerados possíveis lançamentos de substâncias e desejos no solo, que por ação da lixiviação podem contaminar os corpos d'água.

Figura 15 - Atividades Industriais Bacia Ribeirão Ponte Alta



Fonte: Do autor, 2020

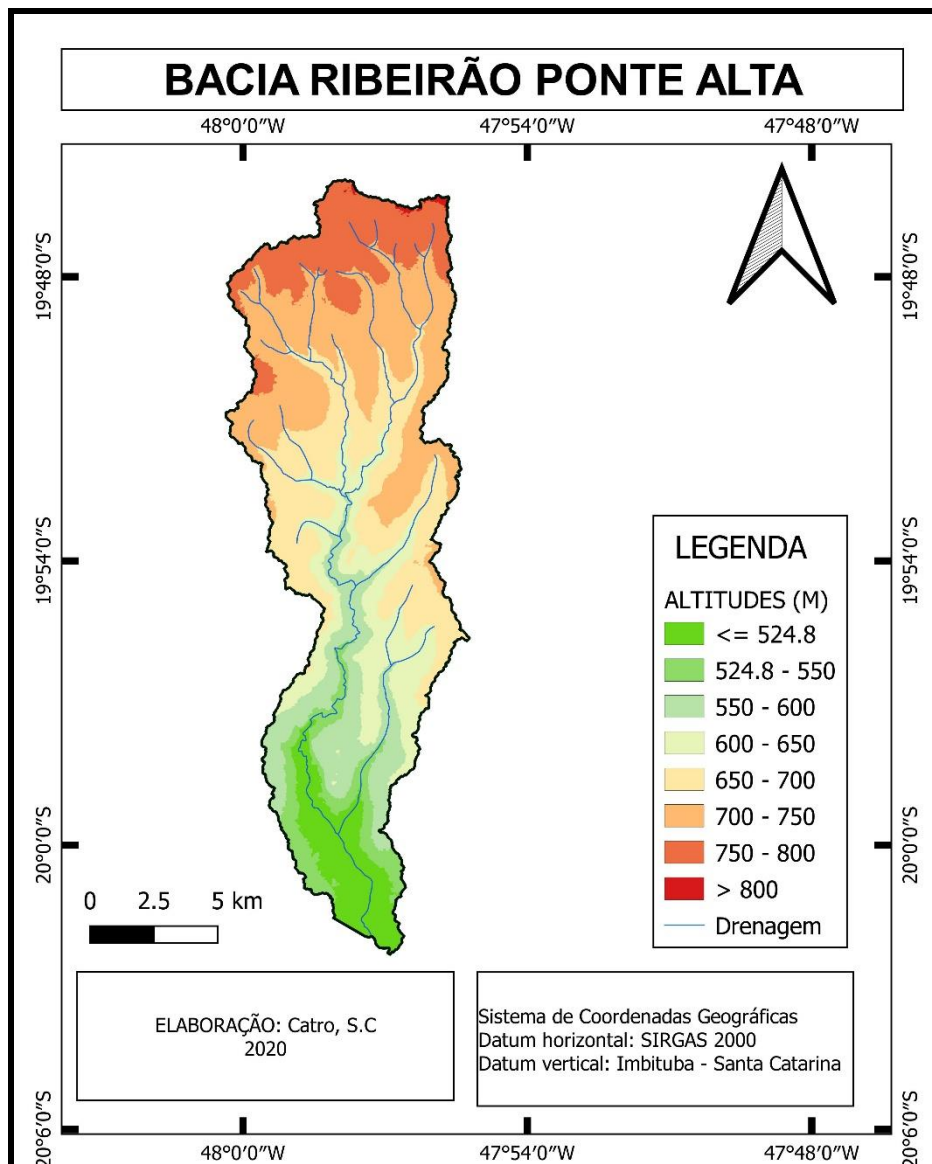
Embora o aterro sanitário privado se encontre na área limítrofe a bacia, sua atividade será levada em consideração, porque sua atividade pode ter influência na alteração do estado de conservação natural da bacia. Aterros sanitários são potenciais poluidores para o meio ambiente e podem prejudicar a saúde humana, dado que seus resíduos são lixiviados (KRČMAR et al., 2018).

5.3 MODELOS DIGITAIS DE ELEVAÇÃO

As altitudes da Bacia do Ribeirão Ponte Alta estão expressas na Figura 16, com amplitude altimétrica entre 524,8 metros para o ponto mais baixo e 800 metros para o ponto de maior altitude. Os pontos com altitudes acima de 750 metros extrapolam as características de

altitude média da região de Uberaba-MG e estão presentes no mapa hipsométrico justamente na região urbanizada. Isso se justifica pela presença de edificações, já que o MDE – Modelo Digital de Elevação leva em consideração o MDS – Modelo Digital de Superfície, onde todas as elevações contidas na superfície rastreada são consideradas, sendo elas naturais ou feitas pelo homem, como as edificações.

Figura 16- Mapa hipsométrico da Bacia Ribeirão Ponte Alta elaborado de acordo com MDE ALOS PALSAR



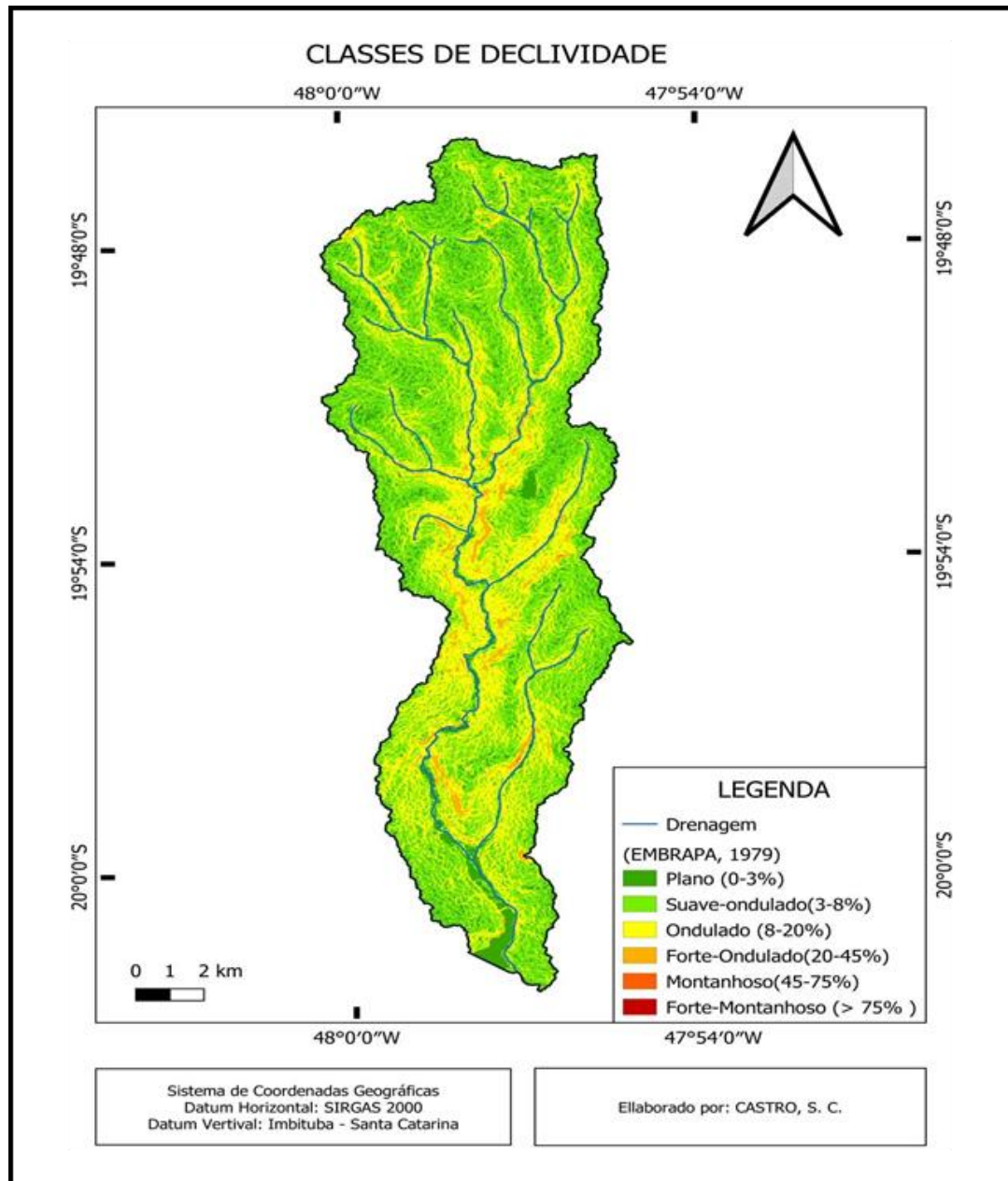
Fonte: Do Autor

A amplitude altimétrica entre a Ribeirão Ponte Alta é de 280 metros, os pontos S2 e S3, foram classificados como ambientes poluídos pelos PAR e BMWP. Quando confrontado com os dados morfométricos da Bacia Ribeirão Ponte Alta, observa-se que

A declividade está diretamente relacionada a processos de transporte gravitacional e é definida como o ângulo de inclinação da superfície do terreno em relação à horizontal; seus valores vão de 0° a 90° (MICELI et al., 2011). Avaliar as diferentes inclinações da bacia é importante para deduzir sua capacidade de acumulação de água e transporte de sedimentos.

A Figura 17 representa as declividades da Bacia Ribeirão Ponte Alta, de acordo com o proposto pela EMBRAPA, (1979)

Figura 17- Classes de Declividade da Bacia do Ribeirão Ponte Alta



Fonte: Do autor,2020; EMBRAPA (1979)

MDE: Satélite - Alos, sensor - Palsar; ALPSRP262566780; resolução espacial - 12,5; data: 29-12-2020.

Os desníveis, em especial os mais acentuados, influenciam em processos erosivos e alterações da paisagem. Quanto maior o seu gradiente, maior a intensidade de escoamento das águas e menor seu índice de infiltração, dado o menor tempo de percolação (MARQUES; AQUINO; JOHN SILVA, 2019).

A tabela 5 apresenta as declividades calculadas na bacia Ribeirão Ponte Alta

Tabela 5 - Distribuição das Classes de declividade para a Bacia Ribeirão Ponte Alta de acordo com o estabelecido pela (EMBRAPA, 1979)

Declividade (%)	Relevo	Área(ha)	(%)
0 – 3	Plano	2681,43	16,29
3 - 8	Suave-ondulado	8050,25	48,90
8 – 20	Ondulado	5296,77	32,17
20 – 45	Forte-ondulado	432,69	2,63
45 – 75	Áreas de Planalto	3,15	0,02
>75	Forte-montanhoso	0	0,00
Total		16464,29	100,00

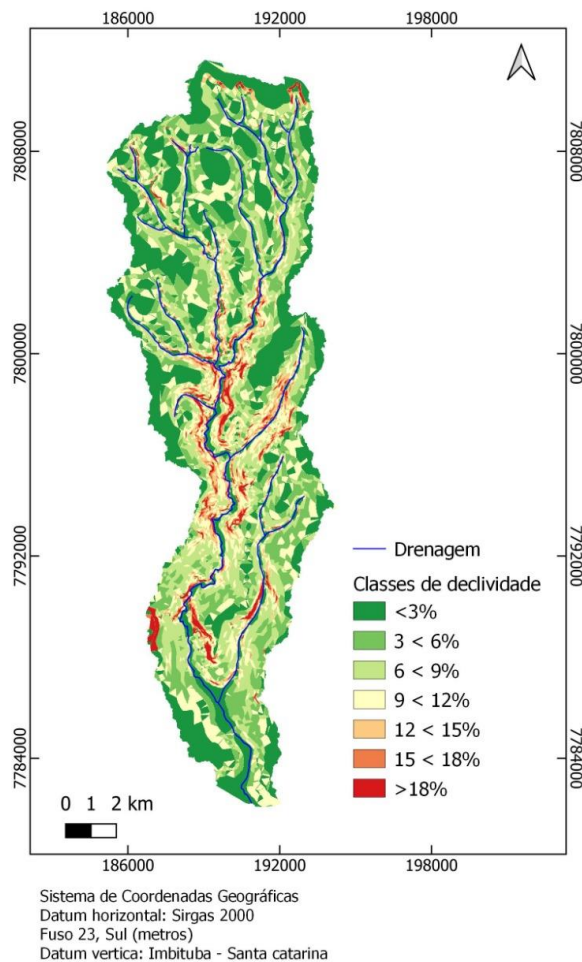
Fonte: Do Autor,2020

Os parâmetros percentuais de desnível encontrados para a Bacia Ribeirão Ponte Alta variam de 0% a 42,04 % (Tabela 5). A declividade entre 0 e 3%, que indica um solo plano, representa uma área de 2681,43 ha, compondo 16,29% da bacia. Seu baixo desnivelamento sugere áreas pouco erosivas. Já para a classe de 3% a 8%, calculou-se uma área de 8050,25 ha representam 48,90 % da extensão da bacia, sendo a classe de relevo de maior percentil, classificado como suave-ondulado. A declividade média da bacia é de 8%, classificada como suave ondulado. Esse tipo de relevo permite o acúmulo de sedimentos e contribui para o aspecto da vegetação local (MARQUES; AQUINO; JOHN SILVA, 2019). Para a classe de 8% a 20%, que é o relevo ondulado, obteve-se um percentual de 32,17%, que equivale a 5296,77 ha. Em tais relevos a velocidade de escoamento e consequente transporte de sedimentos é mais acentuado. O relevo forte ondulado (20% a 40%) equivale a 2,63% da área, ocupando uma extensão de 432,69 ha. Nesses locais os declives são mais fortes e propensos à erosão. Para as classes de 40% a 75%, de relevo montanhoso, obteve-se 3,15 ha, o que corresponde a 0,02 %, um percentual pequeno que não traz alterações significativas para o escoamento. Não foram diagnosticadas áreas dentro da classe relevo área de planalto, que são os com declividades > de 70%, fator este positivo, área de grandes declives favorecem processos erosivos, transporte de sedimentos e consequente assoreamento em corpos hídricos.

5.4 APTIDÃO DE USO DO SOLO

Lepsch et al. (1991) propõem uma metodologia para análise e conservação de solo objetivando conhecer as limitações e potencialidades das terras para atividades agrosilvipastoril. Sua utilização é recomendada primordialmente para fins de planejamento de práticas de conservação do solo. A bacia do Ribeirão Ponte Alta tem como atividade predominante as agrosilvipastoris, neste contexto a metodologia de Lepsch et al. (1991) foi aplicada para estimar a conservação do solo.

Figura 18- Classes de Declividade da Bacia do Ribeirão Ponte Alta
.- Lepsch et al. (1991)



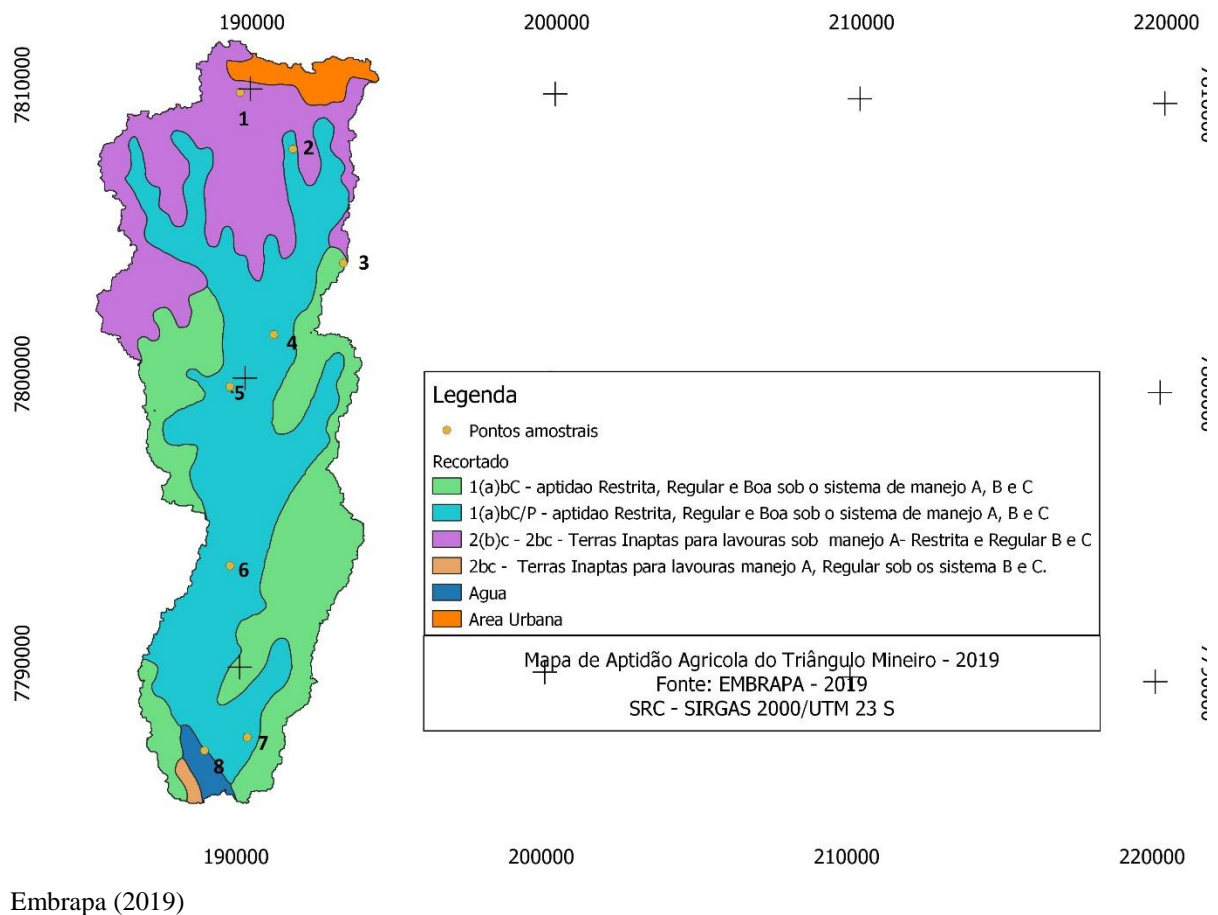
Fonte: Do autor,2020; Lepsch et al. (1991)

Quando analisado de acordo com Lepsch et al. (1991) a declividade média encontrada em uma área equivalente a 500 metros a partir do Ribeirão Ponte Alta variou entre 0,41 % a 2,74 %

(Figura 18), que compreende declives suaves, com escamento superficial lento e suave, não apresentando grandes riscos a processos erosivos e transporte de sedimento Lepsch et al. (1991) e o corrobora com os resultados obtidos a partir da metodologia da EMBRAPA (1979) empregada neste estudo.

A aptidão agrícola da Bacia Ribeirão Ponte está apresentada na Figura 19, obtida de dados descritos em um trabalho desenvolvido pela EMBRAPA através de um mapa que compõe a das terras da região do Triângulo Mineiro no estado de Minas Gerais, Escala 1:500.000, com suas distribuições geográficas da aptidão agrícola.

Figura 19 – Mapa de Aptidão Agrícola da Bacia Ribeirão Ponte Alta de acordo com EMBRAPA (2019)



Os pontos 1,2 e 3 (Figura 19) foram considerados inaptos para lavoura, destes apenas o ponto um tem seu uso de ocupação ideal, já os pontos 2 e 3 (Figura 19) desempenham atividade agrícolas, evidenciando uso de conflito do solo. Os pontos 4 a 5 (Figura 19) foram considerados de aptidão restrita, com condições regulares a boas, desde que empregadas boas práticas de manejo.

5.4 CARACTERIZAÇÃO DOS PONTOS AMOSTRAIS

Os pontos amostrais estão apresentados na Tabela 6, em coordenadas UTM - Universal Transversa de Mercator, fuso 23, MC - Meridiano Central 45°.

Tabela 6 - Coordenadas em UTM Planas Referente Aos Pontos Amostrais

Ponto	Coordenada X	Coordenada Y	Curso d'água
S1	189664,47	7809880,16	Córrego do Mará
S2	191431,00	7807946,00	Córrego do Mará
S3	192149,71	7804033,86	Córrego das Toldas
S4	190916,85	7801514,39	Córrego das Toldas
S5	189505,85	7799690,89	Córrego Cachoeira
S6	189624,88	7793498,78	Ribeirão Ponte Alta
S7	190292,99	7787576,31	Córrego do Quartel
S8	188894,00	7787093,43	Ribeirão Ponte Alta

Fonte: Do Autor

O ponto S1 (Figura 20) é o mais próximo do perímetro urbano. Embora não esteja situado no rio principal, está localizado próximo à nascente de maior altitude da bacia hidrográfica. A Área de Preservação Permanente (APP) encontra-se preservada e protegida com cerca de arame farpado e o local é marcado por inúmeras nascentes intermitentes. Essa constatação foi possível pela presença de áreas de maior e menor umidade, com características de vereda.

Figura 20 - . Registro fotográfico do Ponto S1 localizado no Ribeirão Ponto Alta localizado na bacia do Ribeirão Ponte Alta, Uberaba, MG.



Fonte: do Autor,2020

O ponto S2 (Figura 21), tem baixo volume de água superficial e a vegetação presente nas margens não é característica da paisagem natural preservada em matas ciliares do bioma Cerrado.

A área pode ter sofrido interferência pela atividade de bovinocultura, predominante no entorno. Não foram observadas cercas para a preservação da APP

Figura 21- . Registro fotográfico do Ponto S2 localizado no Ribeirão Ponto Alta localizado na bacia do Ribeirão Ponte Alta, Uberaba, MG.



Fonte: Do autor,2020

Figura 22- . Registro fotográfico do Ponto S3 localizado no Ribeirão Ponto Alta localizado na bacia do Ribeirão Ponte Alta, Uberaba, MG

A



B



Fonte: Do Autor,2020

No ponto S3 (Figura 22), a pastagem avança sobre o leito do córrego. Não há conservação de A.P.P., nem presença de cercas de proteção. Ao longo das margens, há atividades de bovinocultura de corte extensivo e cana de açúcar.

O ponto S4 (Figura 23) está situado em uma região onde a agricultura de cana de açúcar predomina. Há também edificações destinadas a moradias e uma pequena cultura de bananeiras. A mata ciliar está parcialmente preservada, o leito é estreito e com presença de pedras e cascalhos.

Figura 23- . Registro fotográfico do Ponto S4 localizado no Ribeirão Ponto Alta localizado na bacia do Ribeirão Ponte Alta, Uberaba, MG.



Fonte: Do Autor, 2020

A atividade adjacente ao ponto S5 (Figura 24) é pastagem e há uma cerca de arame farpado separando a vegetação ripária da pastagem. A existência desta barreira de acesso ao córrego favorece a preservação da vegetação que compõe a matas ripárias já que impede o acesso dos bovinos ao córrego.

Figura 24 - Registro fotográfico do Ponto S5 localizado no Ribeirão Ponto Alta localizado na bacia do Ribeirão Ponte Alta, Uberaba, MG.



Fonte: Do Autor,2020

O ponto S6 (Figura 25) é envolto por culturas anuais como cana de açúcar e sorgo, estes são presente em todo território da bacia, sendo a cultura prevalecente local. O volume de água se encontrava baixo e a vegetação nativa ripária parcialmente preservada.

Figura 25- Registro fotográfico do Ponto S6 localizado no Ribeirão Ponto Alta localizado na bacia do Ribeirão Ponte Alta, Uberaba, MG.



Fonte: Do Autor,2020

O ponto S7 (Figura 26) apresentou volume de água superior aos outros pontos observados. A atividade desempenhada nessa área é a bovinocultura de corte extensivo, com presença de pastagem na margem esquerda à montante do ponto de coleta, e cultura de sorgo na margem direita à montante. Não há cerca separando a área de pastoreio e a vegetação riparia. É possível notar a ausência de área de preservação permanente ao longo do córrego, algo característico em regiões onde se desenvolve bovinocultura extensiva: os animais têm livre acesso para pastoreio e dessedentação, o que contribui para o pisoteio e possível assoreamento dos corpos hídricos, dada a degradação causada pela aproximação ao leito nas chamadas aguadas (locais de acesso a água pelo gado).

Figura 26- Registro fotográfico do Ponto S7 localizado no Ribeirão Ponte Alta localizado na bacia do Ribeirão Ponte Alta, Uberaba, MG.



Fonte: Do Autor,2020

O ponto S8 (Figura 27) encontra-se desprotegido de A.P.P. A pastagem avança até as margens do afluente, não há cercas de proteção e seu volume de água é baixo.

Figura 27- Registro fotográfico do Ponto S8 localizado no Ribeirão Ponte Alta localizado na bacia do Ribeirão Ponte Alta, Uberaba, MG.



Fonte: Do Autor,2020

5.5 PAR – PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO RÁPIDA

A Tabela 7 apresenta os resultados obtidos após aplicação do PAR no Ribeirão Ponte Alta.

Tabela 7 - Resultado do aplicação do PAR - Protocolo de Avaliação Rápida

Pontos amostrais	Pontuação atribuída	Avaliação
S1	43	Alterado
S2	37	Impactado
S3	59	Alterado
S4	80	Natural
S5	50	Alterado
S6	37	Impactado
S7	59	Alterado
S8	48	Impactado

O Ponto S4 foi o único que recebeu pontuação equivalente a um ambiente natural. O ponto é composto por APP – Área de Preservação Permanente Preservada, não há indícios de contaminação por esgoto doméstico ou industrial, tem correnteza média nível de água suficiente para não deixar o substrato a mostra. A atividade desenvolvida no entorno é cana-de-açúcar, não há atividades de bovinocultura no local, que possam acelerar processos erosivos por pisoteio ou compactação do solo. Todas essas características contribuíram para pontuações positivas nas pontuações dos quadros I que diz respeito a intervenções antrópicas e quadro II relacionados a características naturais.

Os Pontos S2, S6 e S8 são os pontos que implicam em maiores perturbações ambientais. O primeiro retrata um ambiente antropizado com presença de áreas urbanas próximo, em um raio inferior a 10 metros existe uma ponte que canaliza a água do córrego. Neste local a vegetação nativa foi suprimida, processos erosivos são evidentes, com grande presença de sedimentos ao fundo. S7 tem 44% de pastagem e 33% de culturas, sendo sua menor parte composta por vegetação nativa, o local serve de aguada para bovinos, deixando evidente o processo erosivo, transporte de sedimentos, e ausência de vegetação ripária.

S8 é um local com características peculiares, a área é alagadiça com presença marcante de plantas aquáticas e sedimentos que fazem com que o ambiente dessemelhe com as características naturais.

O protocolo sugere que os pontos S1, S3, S5 e S7 estão alterados, é importante destacar que diferente dos pontos impactados, nestes pontos a vegetação nativa está entre os maiores índices. Diante do exposto, estima-se que quando a pastagem ou culturas são associadas a áreas

com vegetação nativa, a perturbação ambiental é menor do que quando estas mesmas áreas estão associadas uma com a outra.

Quando associados os índices do PAR a aptidão, é possível observar que no ponto 2, o ambiente é impactado, e possui relação em ser inapto à agricultura. Logo, existe 12% de solo exposto que caracteriza conflito ambiental de uso dos solos;

No ponto 3, classificado com alterado, possui relação em ser inapto à agricultura. Logo existe 34% de cultura, caracterizando conflito de uso do solo.

Deste modo, observa-se que o conflito impacta em atividade antrópica e na qualidade dos corpos hídricos.

5.6 BIOMONITORAMENTO UTILIZANDO ÍNDICE BMWP- *BIOLOGICAL MONITORING WORKING PARTY*

O BMWP avaliou a qualidade da água na Bacia do Ribeirão Ponte Alta, de acordo com a presença de macroinvertebrados bentônicos e suas respostas ao ambiente. Os táxons amostrados estão apresentados no Apêndice I.

Foram amostrados 1775 indivíduos pertencentes a 37 táxons diferentes (Apêndice I), dos quais se destacaram pela maior abundância Chironomidae, Elmidae, Baetidae, Hydropsychidae, Ancyliidae, Hydrophilidae, Leptohyphidae, Hydrophilidae, e em menor abundância Belostomatidae, Libellulidae, Pleidae, Corduliidae, Collembola, Syrphidae, Lampyridae.

A Tabela 8 apresenta o índice BMWP aplicado aos pontos amostrados no Ribeirão Ponte Alta. Todos os pontos apresentaram algum grau de alteração em relação ao seu estado de conservação natural.

Tabela 8 – Resultados dos índices ecológicos e BMWP da comunidade de macroinvertebrados bentônicos do Ribeirão Ponte Alta.

Ponto	Riqueza	Abundância	BMWP	Qualidade	H'	H'máx	J'	d
P1	12	158	52	Satisfatória	1,48	2,48	0,59	0,51
P2	5	20	22	Ruim	1,03	1,61	0,64	0,4
P3	5	37	16	Muito ruim	1,23	1,61	0,76	0,43
P4	16	575	73	Boa	1,85	2,77	0,67	0,34
P5	14	550	71	Boa	1,68	2,64	0,64	0,45
P6	15	265	68	Boa	1,78	2,71	0,66	0,47
P7	13	102	61	Satisfatória	1,67	2,56	0,65	0,33
P8	12	68	46	Satisfatória	1,86	2,48	0,75	0,46

Autor, 2021

O ponto S1 recebeu classificação satisfatório (Tabela 9), e foram amostradas 2 famílias da ordem Odonata (Libellulidae e Calopterygidae), consideradas sensíveis à poluição. A equitabilidade atingiu 0,59, o que é considerado um bom índice. (Pereira et al., 2020) em seus estudos sobre qualidade ambiental de trechos do Rio Pacuí, município de Coração de Jesus, norte de Minas Gerais, destacou a a ordem Odonata como um indicador de águas superficiais de boa qualidade. Apesar do local apresentar odor característico de esgoto doméstico, observou-se a mata ciliar bem preservada, o que sugere que a vegetação ripária tem forte influência sobre a qualidade da água.

S2 e S3 foram classificados como “ruim” e “muito ruim” (Tabela 9). Esses dados, associados ao uso e ocupação do solo, mostram que ambos têm um baixo percentual de cobertura vegetal, com predominância de pastagem e solo exposto. Brand e Miserendino (2015) afirmaram que substituir a vegetação nativa por pastagens influencia de forma negativa na riqueza das espécies. Isso porque a mata ciliar mantém a temperatura estável, serve de refúgio para espécies na fase adulta e fornece alimentos ao macroinvertebrados.

S2 e S3 existe relação com 12 e 34% da área em conflito ambiental de uso dos solos, evidenciando que ambiente que uso de conflita também são classificados como ruins pelo Índice BMWP.

Outros fatores que podem ter construído para este resultado dos dois últimos pontos é que em S2 o ambiente é altamente antropizado, com o maior índice de edificações (14%) em seu entorno. Já S3 tem o menor índice de vegetação de todos pontos amostrados e adjacente ao ponto de coleta havia uma ponte recém canalizada, indicando perturbações ao ambiente natural. Santos e Melo (2017) descreveram que a comunidade de macroinvertebrados é diretamente

afetada quando o habitat é alterado, o que é evidenciado pelo PAR, que classificou estes pontos como “impactado e alterado”.

Os pontos S4, S5 e S6 foram classificados como de “Boa qualidade” (Tabela 9). S4 é o ponto intermediário entre a nascente e a foz do Ribeirão Ponte Alta, recebeu a maior pontuação BMWP e foi o único local classificado pelo PAR como “natural”. No que se refere ao uso do solo, o ponto S4 tem 43% de culturas e 39% de vegetação nativa. O S5 é o único ponto amostral que recebe um uma distância de aproximadamente 100 metros o desague de um afluente. Ambos tem em seu entorno APP – Área de Preservação Permanente conservada.

No trecho entre S4 a S6 foram amostrados Ephemeroptera, Trichoptera e Odonata (Apêndice I), ordens que recebem boa pontuação pelo BMWP e indicam ambientes preservados. Esses dados corroboram com Plafkin et al., (1989), que consideraram a ordens Ephemeroptera e Trichoptera indivíduos sensíveis à poluição.

S7 e S8 receberam pontuações que equivalem a ambientes satisfatórios. Táxons como Pyralidae, Noteridae, Scirtidae, foram amostrados apenas em S7 e S8 (Tabela 9), sendo os dois primeiros considerados poucos tolerantes de acordo om o índice BMWP.

Freitas et al. (2017) descreveram que a presença de atividades agrícolas e industriais em altitudes superiores aos corpos hídricos, podem diversidade interferir na comunidade de macroinvertebrados bentônicos, pelo acúmulo de fertilizantes transportados por lixiviação. Situação similar a descrita por pode ter influenciado os resultados de S7, que apresenta atividades além de atividade agrícolas, uma indústria de fertilizantes em altitudes acima do ponto amostrado.

O ponto S8, foz do Ribeirão Ponte Alta, apresenta vasta área alagada, recoberta por macrófitas e com pouca vegetação terrestre. Seus parâmetros físico-químicos apresentaram dados distintos dos demais pontos amostrados. A particularidade ambiental deste local, favoreceu a presença de táxon como Noteridae e Scirtidae. Callisto,(2000), afirma que a distribuição dos macroinvertebrados está diretamente ligada com as características físicas do ambiente, como disponibilidade de alimento, condição de sedimento (orgânica, areia, argila) e substrato (pedra, madeira, macrófitas aquáticas).

5.5 PARÂMETROS FÍSICO QUÍMICOS

A Tabela 9 demonstra os valores médios obtidos para cada ponto e o VMP - Valor Máximo Permitido de acordo as diretrizes estabelecidas pela CONAMA 357/2005 e CETESB (2019).

- Tabela 9 - Valores médios obtidos para as variáveis físico-químicas nos pontos amostrais do Ribeirão Ponte Alta

Pontos	Parâmetros										
	Temp	pH	ORP	CE ($\mu\text{m}/\text{cm}$)	NTU (μm)	OD (Mg/L)	OD%	TDS (mg/L)	Sal	NO3 (ppm)	K+ (ppm)
S1	22,2 \pm 0,04	6,8 \pm 0,03	32,7 \pm 0, 06	147,3 \pm 34,6	0,9 \pm 0,2 3	8,4 \pm 0, 44		109,0 \pm 0,0	0,0 \pm 0,0	28,7 \pm 0,58	7,7 \pm 4, 62
S2	19,9 \pm 0,01	7,2 \pm 0,01	163,0 \pm 0,00	157,7 \pm 0,58	1,0 \pm 0,1 0	10,1 \pm 0,20	113,9 \pm 0,47	102,7 \pm 0,48	0,0 \pm 0,00	9,0 \pm 0, 00	8,0 \pm 2, 65
S3	20,8 \pm 0,04	7,1 \pm 0,08	16,0 \pm 9, 54	224,7 \pm 1,15	1,9 \pm 0,5 2	7,7 \pm 1, 15	92,0 \pm 1 9,37	97,7 \pm 8 4,50	0,0 \pm 0,00	11,7 \pm 4,52	6,0 \pm 0, 00
S4	21,1 \pm 0,01	7,2 \pm 0,10	103,0 \pm 24,33	161,0 \pm 0,00	1,5 \pm 0,6 4	5,7 \pm 0, 18	65,4 \pm 2, 09	104,7 \pm 0,58	0,0 \pm 0,00	25,3 \pm 1,53	7,7 \pm 2, 31
S5	20,8 \pm 0,03	7,1 \pm 0,23	101,3 \pm 16,50	101,0 \pm 0,00	0,4 \pm 0,0 6	5,7 \pm 0, 06	65,3 \pm 0, 70	66,0 \pm 0 ,00	0,0 \pm 0,00	13,3 \pm 1,15	5,7 \pm 2, 89
S6	21,2 \pm 0,04	7,0 \pm 0,10	114,5 \pm 45,28	87,5 \pm 0 ,58	5,6 \pm 5,3 3	6,0 \pm 0, 56	69,9 \pm 6, 44	57,0 \pm 0 ,00	0,0 \pm 0,00	13,0 \pm 5,29	9,5 \pm 4, 36
S7	21,5 \pm 0,11	6,9 \pm 0,09	63,7 \pm 3 2,35	80,7 \pm 0 ,58	1,6 \pm 0,0 6	5,4 \pm 0, 89	62,9 \pm 1 0,48	52,3 \pm 0 ,58	0,0 \pm 0,00	7,3 \pm 0, 58	16,0 \pm 0,00
S8	25,9 \pm 0,82	5,9 \pm 0,13	73,7 \pm 1 13,05	38,0 \pm 1 2,12	305,7 \pm 2 39,92	9,4 \pm 3, 02	118,0 \pm 38,44	23,0 \pm 7 ,00	0,0 \pm 0,00	4,7 \pm 0, 58	\pm 26,5 8
VM		6-9	-	100	100	>5	-	500		40	-
P											

* VMP: Valor Máximo Permitido de acordo com CONAMA 357/2005 e CETESB (2019)

Monitorar os parâmetros físico-químicos em corpos hídricos é necessário para determinar a qualidade da água em bacias hidrográficas, dentre eles a temperatura se destaca por atuar nas reações químicas, principalmente no que se refere a sua cinética (ABREU, CUNHA, 2015; KRUPPEK et al., 2008).

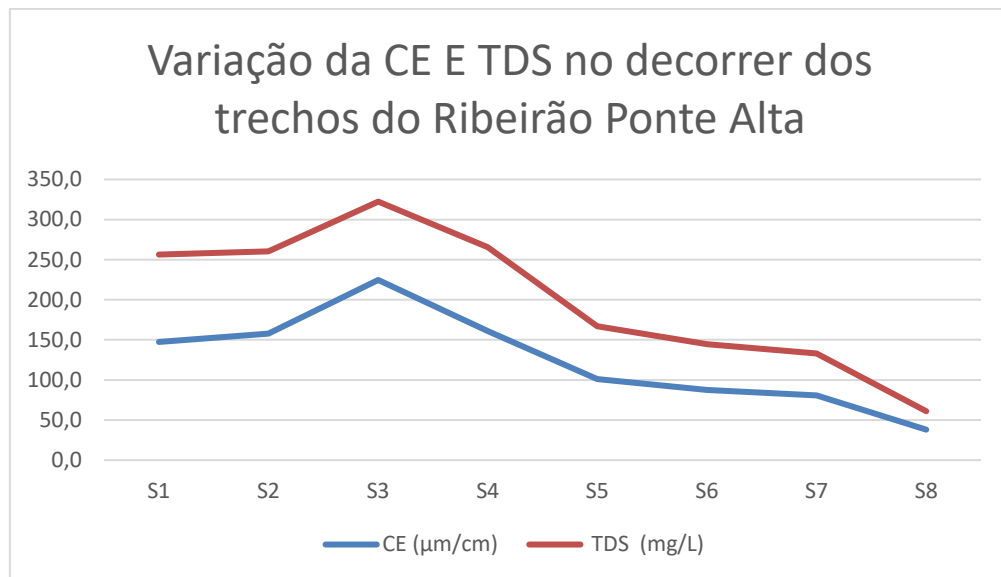
Os resultados obtidos indicam que a temperatura no Ribeirão Ponte Alta variou entre 19,9 e 25,9° C (Tabela 9), valores esperados para ecossistemas tropicais de acordo com Von Sperling, (2005). De acordo Oliveira et al., (2008), variações sazonais de temperatura em corpos hídricos naturais com baixos níveis de acumulação, são consideradas normais e podem ser relativas a temperatura do ambiente.

Sobre o pH, foi observado que todos os pontos estão de acordo com o padrão CONAMA para rios classe II, com exceção do S8 (Tabela 9). Para Abreu e Cunha (2015) e Brito (2013), a faixa satisfatória para sobrevivência de organismos aquáticos está acima de 6, pois as alterações de pH estão diretamente relacionada ao balanço e fluxo do carbono na água, assim como em suas interações com sedimento e atmosfera.

O ponto S1 apresentou menor ORP (Tabela 9). Esse ponto é o que recebe maior carga de esgotamento sanitário e sofre maior influência por urbanização, cuja matéria orgânica contribui para esse resultado. O potencial de oxirredução é a representação das transferências de elétrons em uma solução, desta forma, o valor do ORP é diretamente proporcional ao nível de oxigênio da água, quanto maior seu nível melhor a qualidade da água, é crescente o uso do potencial redox para monitoramento ambiental e diagnósticos de sistemas (JARDIM, 2014).

Os pontos de maior condutividade foram S1, S2 e S3 (Tabela 9), o que pode estar associado à presença de esgoto doméstico, evidenciado pelo odor característico em S1 e S2. Já S3 é o ponto com menor condutividade (Figura 28), sendo também o ponto mais distante da urbanização.

Figura 28 – Gráfico das variações de Condutividade dos pontos S1 ao S8 do Ribeirão Ponte Alta



CE = Condutividade

TDS – Sólidos Totais Dissolvidos

Fonte: Autor, 2021

O gráfico apresentado na Figura 28, aponta que as alterações de condutividade e sólidos Totais Dissolvidos são diretamente proporcionais. A condutividade elétrica está relacionada a presença de íons dissolvidos na água, quando maior a quantidade de íons dissolvidos, maior a condutividade elétrica da água, a condutividade é a capacidade que a água possui de conduzir corrente elétrica (FONSECA, 2010). Mesmo não determinado especificamente quais são os íons que estão presentes na água, a condutividade pode ser relacionada com a concentração de Sólidos Dissolvidos Totais e estimar o lançamento de efluentes e rejeitos, e pode contribuir para

reconhecimento de possíveis impactos ambientais (VIEIRA, 2011; FONSECA, 2010). Ainda de acordo com Fonseca (2010), a condutividade pode sofrer variações de acordo com a temperatura da água.

De acordo com a Tabela 10, os pontos com maior e menor índice de nitrogênio são S1 e S8 respectivamente. A presença de Nitrogênio em cursos d'água está associada ao uso e ocupação do solo atividades e antrópicas, tais como: lançamento de esgoto doméstico e industrial, resíduos de animais e excreção de animais e fertilizantes para agricultura (GONÇALVES, 2014; CHANG et al., 2015). Feitosa et al (2008) afirma que acima de 5 mg/L de nitrato são indicativas de contaminação antrópica (Feitosa et al. 2008), neste contexto vários pontos apresentaram alterações, sendo o ponto S1 a maior delas, onde $28,7/4,42 = 6,5$ mg/L de N.

Valores elevados de nitrogênio prejudicam o desenvolvimento e abundância da vida aquática, processos como nitrificação consomem elevados índices de oxigênio e reduzem o OD na água e afeta a vida dos organismos aquáticos (CHANG et al., 2015).

Com relação aos STD, todos os pontos avaliados estão dentro do preconizado pelo CONAMA para rios classe II. Observa-se que o ponto S3 apresenta maior índice de STD e elevado índice de CE, o que pode ser justificado pelo uso para dessedentação de bovinos, cujas margens são marcadas por pisoteio de animais e processos erosivos que possibilitam a aceleração do transporte de sedimentos e substâncias. Ainda, Carvalho e Oliveira (2003) demonstraram que os sólidos dissolvidos são indicadores de sais, ácidos minerais e contaminantes, que alteram a DBO, sendo também indicativos de presença de carga poluente em cursos d'água.

Os pontos amostrados apresentaram uma variação entre 5,67 e 18,33 de potássio. Segundo Esteves (2011), as concentrações médias de potássio em rios de América do Sul são de 2 mg L⁻¹. O potássio naturalmente está em baixas concentrações nas águas, suas fontes naturais provem de processo de lixiviação, sua alta concentração em corpos hídricos tem origem antrópica, principalmente quando de atividade industriais e agrícolas (ZUIN et al., 2009).

A resolução CONAMA 357/2005 preconiza o valor máximo tolerável para turbidez é 100, os pontos de S1 a S7 estão de acordo com o CONAMA, já o ponto S8, voz do Ribeirão Ponte Alta, o apresentou turbidez muito elevada, com 305.67. O local é alagado, sem presença de rápidos e recoberto por plantas aquáticas, o que corrobora com o estudo de Carvalho, et al., (2005), em que observa-se a maior ocorrência de plantas flutuantes e emersas está diretamente ligado a maior turbidez. A turbidez é estimada pela presença de partículas na água e dispersão dos raios luminosos, a presença de sólidos em suspensão, em especial de águas

paradas ou baixa velocidade de escoamento, tem elevada influencia na fotossíntese, crescimento de planta aquáticas e plâncton (VIEIRA, 2011).

Os dados expostos na Tabela 3, sugerem que o OD medido em todas as unidades amostrados competem com o estabelecido pela legislação, para corpos hídricos classe 2. O OD é um dos parâmetros limnológicos frequentemente utilizado para avaliações de impactos ambientais em bacias hidrográficas tropicais, a medida de OD pode variar de acordo com algumas condições do ambiente por isso deve ser associado à temperatura, concentração de saturação, os dados apresentados na tabela 01 indicam que (ABREU e CUNHA, 2015; VIEIRA 2011). De acordo com o Ministério da Saude (2006). A concentração mínima de OD, necessária para a sobrevivência da maioria dos peixes é de 5 mg/L peixes, e 4 mg/L para a para trutas.

5.6 ANÁLISE DE DADOS

De acordo com os resultados obtidos com o teste "ρ de Pearson" (TIMM, 2002), quando avaliado o índice BMWP em relação aos demais parâmetros amostrados, obteve-se relações com as áreas de vegetação, edificações e solo exposto e condutividade. A vegetação indica forte relação positiva com o BMWP, já as edificações, solo exposto e condutividade apresentam relação negativa.

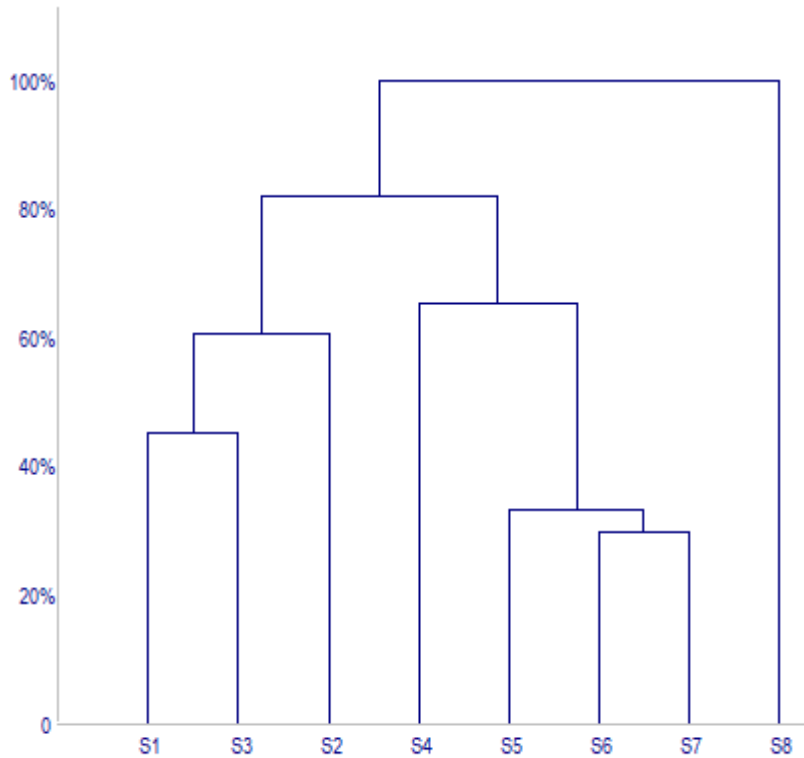
Alguns parâmetros físico químicos mostraram relacionados entre si positivamente, tais como: CE com PH; CE com TSD; NTU com K^+ e TSD com NO_3 , indicando serem diretamente proporcionais um com o outro.

O solo exposto apresenta forte relação com as edificações, o que corrobora com os resultados apresentados no uso e ocupação do solo, em que o ponto S2 apresenta os maiores índices de solo exposto e edificações pertencentes a área de expansão urbana. Já quando comparados com BMWP ambos apresentam correlação negativa.

A Figura 29, apresenta o dendograma de similaridade dos pontos amostrados.

Figura 29
Figura 29

– Dendograma de similaridade entre os pontos amostrados na bacia do Ribeirão Ponte Alta



Autor, 2021

Os pontos que obtiveram maior similaridade entre si foram: S1 com S3 e S6 com S7 (Figura 28), de modo geral os pontos S6 e S7 apresentam níveis similares de sólidos totais dissolvidos, declividade, BMWP, pastagem e solo exposto., já S1 e S3 apresentam maior similaridade em ORP, altos índices de pastagem e condutividade.

O ponto S8 (Figura 28), apresentam a menor similaridades com os demais. Os resultados obtidos com análise físico químicas, de uso e ocupação do solo e BMWP expõe que S8 obtém maior discrepância em relação aos mesmos parâmetros de outros pontos, possuindo os menores índices de PH, TDS e vegetação nativa, em contrapartida possui os maiores índices de NTU, K, e área alagada, tais características fazem com que o ponto S8 possua o habitat mais diferenciado entre os pontos amostrados, fato este e corrobora com as características dos táxons triados para a composição o BMWP.

6. CONCLUSÃO

O estudo realizado na bacia do Ribeirão Ponte Alta analisou a qualidade da água na Bacia Ribeirão Ponte Alta. O levantamento do uso e ocupação do solo mostrou que apenas 15,84 % da bacia é preservada com vegetação natural, e 75,66% é ocupada por atividades agrossilvipastoris. Definir e quantificar o solo em um raio de 500 metros, de cada ponto amostral, foi fundamental para compreender as perturbações ambientais como déficit de vegetação e usos de conflito. O ponto S3 apresentou o pior cenário ambiental, com 52% de pastagem, 23% de vegetação nativa. A bacia possui amplitude altimétrica de 280 metros, declividade predominante de Suave-ondulado, com escoamento superficial lento e suave, não apresentando diferenças de níveis que possam causar processos erosivos e consequentes alterações na qualidade da água. O PAR, BMWP e análise aptidão evidenciaram que os trechos que maior contaminação a água, estão diretamente relacionados com as vegetação nativa e perturbações ambientais antrópicas, principalmente no que tange o não respeitar da aptidão do solo, ignorar a aptidão de uso das terras favorece a ocorrência de erosão laminar, a qual tende a transportar sedimentos a serem depositados nos mananciais. Os dados levantados corroboram com o ρ de Pearson aplicado, que indica correlação entre BMWP, áreas de vegetação, edificações e solo exposto e condutividade. A análise de similaridade apontou S8, como o ponto de menor similaridade, neste foram amostrados táxons como Noteridae e Scirtidae, evidenciado que a distribuição dos macroinvertebrados está diretamente ligada com as características físicas do ambiente, o que torna factível a associação de BMWP ao levantamento qualiquantitativo do uso e ocupação do solo. Todos os parâmetros físico-químicos atendem a legislação CONAMA, exceto a condutividade nos pontos (S1 a S4) e Turbidez no ponto 8. Diante do exposto, através do diagnóstico da Bacia Ribeirão Ponte alta, foi possível evidenciar a eficácia em determinar a qualidade da água, utilizando biomonitoramento, uso e ocupação do solo e aspectos morfométricos da bacia.

Diante do exposto, espera-se, ainda, que os resultados obtidos viabilizem tomadas de decisões para uma gestão sustentável, que atenda às necessidades econômicas de forma social e igualitárias, em paralelo à conservação ambiental, destacando o importante papel econômico e ambiental dessa bacia. O estudo ainda pretende apontar potenciais parâmetros que sirvam de modelos a serem aplicados em outras bacias com cenários diversos.

REFERÊNCIAS

- ABRÃO, F. O.; FERNANDES, B. DE C.; PESSOA, M. S. Produção sustentável na bovinocultura: princípios e possibilidades. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)**, v. 6, n. 4, p. 61–73, 2016.
- ABREU, C. H. M., CUNHA, A. C. (2015). Qualidade da água em ecossistemas aquáticos tropicais sob impactos ambientais no baixo Rio Jari-AP: **Revisão Descritiva. Biota Amazônia**, 119–131, 2015 DOI. <https://doi.org/10.18561/2179-5746/biotaamazonia.v5n2p119-131>
- ALLAN, J. D. Landscapes and riverscapes: the influence of land use on stream ecosystems. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 35, n. 2002, p. 257–284, 2004.
- ALMEIDA, F. M. et al. Qualidade das águas subterrâneas do sistema aquífero Barreiras na bacia hidrográfica do Tucunduba-Belém/PA. **Águas Subterrâneas**, n. 1, p. 1–20, 2004.
- ANTUNES, F. D. S.; NAVES, V.L; SANTOS, K.S.; GRAÇA, A.J.S. Análise da integração entre sensoriamento remoto e sig na classificação da cobertura da terra em Duque de Caxias/RJ. **Revista Brasileira de Geomática**, v. 5, n. 1, p. 82, 2017.
- BADGEN, I. R. W. Guia para el estudio de los macroinvertebrados acuaticos. **Journal of the North American Benthological Society**, Vol. 8, No. 4, p. 373- 374. 1989.
- BARBOSA, A. H. DA S. et al. Macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores da qualidade da água em em trecho do Rio Apodi-Mossoró. **Holos**, v. 7, p. 121, 2016.
- BARBOSA, C; M. CUNHA; C.M.L; MATHIAS, C.D.T. Técnica de avaliação das características hidrogeomorfológicas de vertentes para o planejamento urbano. **Revista de Geografia. Recife: UFPE – DCG/NAPA**, 2. 2010

BIZZO; M. R. de O. J. M. S. F. A. (2014). protocolos de avaliação rápida de rios (PAR)
Rapid River Assessment Protocols (RAP). **Caderno de Estudos Geoambientais**
CADEGEO. v.04, n.01, p.05-13, 2014

BRAND, C., E MISERENDINO, M. L. Testing the Performance of Macroinvertebrate
Metrics as Indicators of Changes in Biodiversity after Pasture **Conversion in Patagonian**
Mountain Streams. Water, Air, and Soil Pollution, 226(11). 2015.
<https://doi.org/10.1007/s11270-015-2633-x>

BRASIL. INPE – **Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais**. Disponível em:
<<http://www.inpe.br/posgraduacao/ser/sobre-curso.php>>. Acesso em: 27 jul, 2020.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. SECRETARIA DE VIGILÂNCIA EM SAÚDE.
Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano/ **Ministério da Saúde,**
Secretaria de Vigilância em Saúde. – Brasília : Ministério da Saúde, 2006. 212 p

BRASIL. **Ministério do Meio Ambiente**. Disponível em: <<https://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-perigosos/areas-contaminadas.html>>. Acesso em: 3 dez. 2019b.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE ESTATÍSTICAS, I. B. D. G.
E. **ATLAS GEOGRÁFICO ESCOLAR**. Disponível em:
<<https://www.ibge.gov.br/geociencias/atlas/nacional/16633-atlas-geografico-escolar.html?=&t=o-que-e>>. Acesso em: 20-09-2021.

BRASIL. **Resolução CONAMA Nº 420/2009**. Disponível em:
<<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=620>>. Acesso em: 25 fev. 2020.

BRASIL. **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos
corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento. Brasília, DF: Diário oficial
da União, Brasília. Disponível em:

<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=2747>. Acesso em: 20 fev.2020.

BRASIL.Planalto. **Lei da Política Nacional de Recursos Hídricos**. Disponível em:
<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19433.ht>. Acesso em: 25 fev. 2020.

BRIGANTE, J.; ESPÍNDOLA, E. L. G. Limnologia fluvial: um estudo no rio Mogi- Guaçu. São Carlos: **RIMA**,. p. 182-187. 2003.

BRITO, D. C. Balanço de carbon e modelagem de fluxos bioquímicos no continuum do estuário amazônico. **Tese de Doutorado e Biodiversidade Tropical – Universidade Federal de Amapá** p.127.2013.

BRITO, D. C. Balanço de carbono e modelagem de fluxos biogeoquímicos no continuum do estuário amazônico. Tese apresentada ao Programa de Pós Graduação em Biodiversidade Tropical da **Universidade Federal do Amapá – UNIFAP**. 2013.

BROOK, J. R. et al. The Canadian Urban Environmental Health Research Consortium - A protocol for building a national environmental exposure data platform for integrated analyses of urban form and health. **BMC Public Health**, v. 18, n. 1, p. 1–15, 2018.

CALLISTO, M. et al. Aplicação de um Protocolo de Avaliação Rápida da Diversidade de Habitats dm Atividades de Ensino E Pesquisa (MG-RJ).**Acta Limnologica Brasiliensia**, 2002. Disponível em:
[http://www.ablimno.org.br/acta/pdf/acta_limnologica_contents1401E_files/Artigo_10_14\(1\).pdf](http://www.ablimno.org.br/acta/pdf/acta_limnologica_contents1401E_files/Artigo_10_14(1).pdf).

CALLISTO, M.; MORENO, P. Bioindicadores como ferramenta para o manejo, gestão e conservação ambiental. **IIº Simpósio Sul de Gestão e Conservação Ambiental** –, p. 206–223, 2006.

CALLISTO, M.; MORETTI, M.; GOULART, M. Macroinvertebrados bentônicos como ferramenta para avaliar a saúde de riachos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 6, n. 1, p. 71–82, 2001.

CARDOSO, D. P. et al. Plantas de cobertura no controle das perdas de solo, água e nutrientes por erosão hídrica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 6, p. 632–638, 2012.

CARDOSO, K. M. et al. Uso de espécies da arborização urbana no biomonitoramento de poluição ambiental. **Ciência Florestal**, v. 27, n. 2, p. 535–547, 2017.

CARDOZO, F. A. C.; PIMENTA, M. M.; RIBEIRO, R. R. Sensoriamento remoto aplicado na detecção de áreas degradadas pela mineração no sul do Brasil entre 1985 – 2011. **TECNO-LÓGICA**, Santa Cruz do Sul, v. 20, n. 2, p. 97-102, Jul/Dez. 2016.

CARVALHO, F.T., E.D.; CAVENAGHI VELINI, A.L.; NEGRISOLI, E.; CASTRO, R. M. Influência da turbidez da água do rio Tietê na ocorrência de plantas aquáticas. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 23, n. 2, p. 359-362, 2005.

CARVALHO, J. R. M.; CURI, W. F.; CURI, R. C. Uso da análise multicritério na construção de um índice de sustentabilidade hidroambiental: Estudo em municípios paraibanos. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 9, n. 2, p. 3–26, 2013.

CARVALHO, R. A; OLIVEIRA, M. C. V. Princípios Básicos de Saneamento do Meio. São Paulo. 3ªed.: **Editora SENAC**. São Paulo, 2003.

CHARNAY, B. A system method for the assessment of Integrated Water Resources Management (IWRM) in mountain watershed areas: The case of the “Giffre” watershed (France). **Environmental Management**. p. 189–197. 2011. DOI <https://doi.org/10.1007/s00267-011-9683-7>.

CLARKE, A., LAKE, P. S., E O'DOWD, D. J. Ecological impacts on aquatic macroinvertebrates following upland stream invasion by a ponded pasture grass (*Glyceria maxima*) in southern Australia. **Marine and Freshwater Research**, p709–713. (2004). DOI <https://doi.org/10.1071/MF04043>.

COGO, N. P.; LEVIEN, R.; SCHWARZ, R. A. Perdas de solo e água por erosão hídrica influenciadas por métodos de preparo, classes de declive e níveis de fertilidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 4, p. 743–753, 2003.

CORBI, J. J. Indicadores biológicos de qualidade em ambientes aquáticos continentais: métricas e recortes para análises. **RFB Editora** Vol. 148.p. 148-162.2021

COSTA, C.; IDE, S.; SIMONKA, C. E. Insetos imaturos. Metamorfose e identificação. Ribeirão Preto: **Holos, Editora**. 249 p.

COSTA, E. S. et al. Otimização do aproveitamento hídrico superficial no alto curso do rio Uberaba, Triângulo Mineiro. **Sociedade & Natureza**, v. 31, p. 1–21, 2019.

CUO, L. et al. The impacts of climate change and land cover/use transition on the hydrology in the upper Yellow River Basin, China. **Journal of Hydrology**, v. 502, p. 37– 52, 2013.

DELARIVA, R. L. Spatial and temporal biogeoquímicos no continuum do estuário amazônico / Daímio distribution patterns of ichthyoplankton in a region affected by water Chaves Brito -- Macapá, 2013. 127 f. Tese (Doutorado em regulation by dams. **Neotropical Ichthyology**, v. 8, n. 2, p. 341-349, Biodiversidade Tropical) - Universidade Federal do Amapá. 2013

DI BERNARDO, L.; SABOGAL-PAZ, L. P. Seleção de Tecnologias de Tratamento de Água. São Carlos: **Editora Lbide Ltda**. v. p.1, 878 2008.

DIOP, A.; NDIAYE; M. L., SAMBOU, H.; DACOSTA, H.; SAMBOU, B. Integrated a GIS and Multicriteria Evaluation approach for Mapping Flood Vulnerability of Buildings in the Grande Niaye Watershed of Dakar , Senegal. **Journal of Geographic Information System**, 6(2), 41–53. 2017. DOI <https://doi.org/10.5923/j.ajgis.20170602.01>

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sumula da X reunião técnica de levantamento de solos**. Rio de Janeiro.1979.

ESTEVES, F. Fundamentos de limnologia. 3. ed. Rio de Janeiro: **Interciência**, 826 p. 2011.

EXERCITO BRASILEIRO. Carta Topográfica. **Diretoria de Serviço Geográfico**.1988.

EZES, J. P. C. et al. Relação entre padrões de uso e ocupação do solo e qualidade da água em uma bacia hidrográfica urbana. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 21, n. 3, p. 519–534, 2016.

FAIRBANKS, I. G. DA U. DO A. **Alaska Satellite Facility**. Disponível em:

<<https://asf.alaska.edu/about-asf/>>. Acesso em: 21 jul. 2020.

FAO. Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura- Brasil. Disponível em: <<http://www.fao.org/brasil/noticias/detail-events/pt/c/1107498/>>. Acesso em : 21 jul. 2020.

FERREIRA, W.; PAIVA, L.; CALLISTO, M. Development of a benthic multimetric index for biomonitoring of a neotropical watershed. **Brazilian Journal of Biology**, v. 71, n. 1, p. 15–25, 2011.

FILIZOLA, H. F. et al. Monitoramento e avaliação do risco de contaminação por pesticidas em água superficial e subterrânea na região de Guáira. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 37, n. 5, p. 659–667, 2002.

FONSECA, D. Avaliação Dos Impactos Da Poluição Nos Recursos Hídricos Da Bacia Do Rio Mundaú (AL e PE). **Revista de Geografia**, 24(3), 210–223. 2010.

FOODY, G. M. Assessing the accuracy of land cover change with imperfect ground reference data. **Remote Sensing of Environment**, v. 114, n. 10, p. 2271–2285, 2010.

FREITAS, D. A. C., CASTRO, M. L. L., BYK, J., GUIMARÃES, R. DE M., E OLIVEIRA, A. P. A. Macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores da qualidade da água no córrego pipoca em morrinhos/Go. I Simpósio interdisciplinar em ambiente e sociedade. Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Sociedade da Universidade Estadual de Goiás (PPGAS/UEG) Campus Morrinhos – 09 a 12 de maio de 2017.

FREITAS, L.E. NEVES, S. M. A. S.; NUNES, M.C.M.; SERAFIM, M. E.; PAULA, D.G. agricultural aptitude of lands and conflicting uses in permanent preservation areas of the Jacobina basin in Cáceres/Mato Grosso State, Brazil. **GEOGRAFIA**, Rio Claro, v. 42, n. 3, Especial - GeoPantanal 6, p. 41-56, set./dez. 2017

GIRI, S.; QIU, Z.; ZHANG, Z. Assessing the impacts of land use on downstream water quality using a hydrologically sensitive area concept. **Journal of Environmental Management**, v. 213, p. 309–319, 2018.

GIROTTI, E. et al. Formas de perdas de cobre e fósforo em água de escoamento superficial e percolação em solo sob aplicações sucessivas de dejetos líquidos de suínos. **Ciência Rural**, v. 40, n. 9, p. 1948–1954, 2010.

GLOBAL WATER PARTNERSHIP, & INTERNATIONAL NETWORK OF BASIN ORGANIZATION. A Handbook for Integrated Water Resources Management in Basins. **In Strategy**. Vol. 74, 2009.

GOMES, A. S. **Análise de Dados Ecológicos**. Niterói: Departamento de Biologia Marinha, 2004.

GOMES, N. M.; FARIA, M. A.; SILVA, A. M.; MELLO, C. R.; VIOLA, M. R. Variabilidade espacial de atributos físicos do solo associados ao uso e ocupação da paisagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, n. 4, p. 427 n 435, 2007.

GOMES, L.M.J.; VANTIL, F.V.; SANTO, I.C.L.; VIEIRA, E.M. Usado geoprocessamento para análise de parâmetros da qualidade da água: estudo de caso na bacia hidrográfica do Rio Piracicaba-MG. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 10, p. 812–825, 2017.

GÓMEZ, S. T. R.; SILVA FILHO, L. C. P.; PASSUELLO, A.C. Estimativa das cargas de efluentes industriais na bacia hidrográfica Taquari- Antas. **Boletim Geográfico do Rio Grande do Sul**, Porto Alegre, n. 29, p. 94-117, mar. 2017

GONÇALVES, A. D. A.; CRUZ, M.A.A; AMORIM, J.R.A.; ARAGÃO, R. MOTA, P.V.M.. concentrações de nitrato e nitrogênio total no rio siriri em Sergipe em período seco : **VIII Encontro de Recursos Hídricos** de Sergipe. 2014

GROTT, S. C. et al. Detecção de cistos de *Giardia* spp. e oocistos de *Cryptosporidium* spp. na água bruta das estações de tratamento no município de Blumenau, SC, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, v. 11, n. 3, 2016.

GUERRA, M. S. et al. Utilização de Coletores com Substrato Artificial para o Biomonitoramento da Qualidade da Água na Aquicultura. **Embrapa**, 2012.

GUILHERME, A. P. et al. Uso De Índice De Vegetação Para Caracterizar a Mudança No Uso Do Solo Em Coari-Am. **Sociedade & Natureza**, v. 28, n. 2, p. 301–310, 2016.

GUILHERME, A. P., MOTA, A. B. DOS S., MOTA, D. DOS S., MACHADO, N. G., & BIUDES, M. S. Uso de índice de vegetação para caracterizar a mudança no uso do solo Em Coari-AM. **Sociedade & Natureza**, 28(2), p.301–310. 2016. DOI <https://doi.org/10.1590/1982-451320160209>

HAUER, F. R.; RESH, V. H. Macroinvertebrates. In: **Methods in Stream Ecology**, Volume 1. Academic Press, p. 297-319. 2017.

INAG, I.P. Manual para a avaliação biológica da qualidade da água em sistemas fluviais segundo a Directiva Quadro da Água Protocolo de amostragem e análise para a fauna piscícola. Ministério do Ambiente do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. **Instituto da Água**, I.P.2008

JARDIM, W. F. Measurement and Interpretation of Redox Potential Values (E H) in Environmental Matrices . **Química Nova**, 37(7), p1233–1235. 2014. DOI <https://doi.org/10.5935/0100-4042.20140207>

JARIHANI, A. A. et al. Satellite-derived Digital Elevation Model (DEM) selection, preparation and correction for hydrodynamic modelling in large, low-gradient and data-sparse catchments. **Journal of Hydrology**, v. 524, p. 489–506, 2015.

JUNQUEIRA, M. V., ALVES, K. C., PAPROCKI, H., CAMPOS, M. DE S., CARVALHO, M. D. DE, MOTA, H. R., ROLLA, M. E. Índices bióticos para avaliação de qualidade de água de rios tropicais – síntese do conhecimento e estudo de caso: Bacia do alto rio doce. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais** , 49, p.15–33. 2018.DOI <https://doi.org/10.5327/z2176-947820180322>.

JUNQUEIRA, V. M.; CAMPOS, S. C. M. Adaptation of the “BMWP” method for water quality evaluation to Rio das Velhas watershed (Minas Gerais, Brazil). **Acta Limnologica Brasiliensia**, São Carlos, 1998, v. 10, n. 2, p. 125-135.

- KIELING-RUBIO, M. et al. Integrated Environmental Assessment of streams in the Sinos River basin in the state of Rio Grande do Sul, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 75, n. 2 suppl, p. 105–113, 2015.
- KRČMAR, D. et al. Preremedial assessment of the municipal landfill pollution impact on soil and shallow groundwater in Subotica, Serbia. **Science of the Total Environment**, v. 615, p. 1341–1354, 2018.
- KREBS, C. J. **Ecological Methodology**. New York: Harper-Collins, 1989.
- KRUPEK, R. A., BRANCO, C. C. Z., & PERES, C. K. Seasonal variation in some physical and chemical parameters of three rivers belonging to a drainage basin in the mid-southern region of Paraná state, southern Brazil. **Acta Scientiarum - Biological Sciences**, 30(4), p. 431–438.2008. DOI <https://doi.org/10.4025/actascibiolsci.v30i4.5873>
- LEAL, J. Uso do mapa de Declividade e do Modelo Digital de Elevação na análise do relevo do município de São Miguel do Tapuio – Piauí. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 5, n. 2, p. 97–107, 2019.
- LEPSCH, I.F.; BELLINAZZI JÚNIOR, R.; BERTOLINI, D.L.; ESPÍNDOLA, C.R. Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso. 4a . aprox., 2a . imp. rev. Campinas: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 1991. 175p. 1997.
- LIMA, E. B. N. R. Modelação Integrada para Gestão da Qualidade da Água na Bacia do Rio Cuiabá.. 184 f. **Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Civil)** –2001.
- LIMA, S. F. S. FLORENZANO . **Iniciação em Sensoriamento**. p. 225–227, 2011.
- LIU, M. et al. Heavy metal-induced stress in rice crops detected using multi-temporal Sentinel-2 satellite images. **Science of the Total Environment**, v. 637–638, p. 18–29, 2018.

LORDELO, L. M. K.; PORSANI, J. M.; BORJA, P. C. Qualidade físico-química da água para abastecimento humano em municípios do sertão da Bahia: um estudo considerando diversas fontes de suprimento. **Águas Subterrâneas**, v. 32, n. 1, p. 97–105, 2018.

LOYOLA, R. G. N. Atual estágio do IAP no uso de índices biológicos de qualidade. **V Simpósio de Ecossistemas Brasileiros: Conservação. Anais**. Vitória (ES), 2000.

MAKI, E.S; SHITSUKA, R.; BARROQUEIRO, C.H.; SHITSUKA, D. M.. Utilização de Bioindicadores em Monitoramento de Poluição. **Biota Amazônia**, v. 3, n. 2, p. 169–178, 2013.

MALAN, J. A. C. et al. Offstream watering points for cattle: Protecting riparian ecosystems and improving water quality?. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 256, n. August 2017, p. 144–152, 2018.

MARIA, L. et al. Quantitative analysis of biophysical parameters of watershed by remote sensing. p. 1–8, 2020.

MARQUES, A. F. S. M.; MARTINS JUNIOR, P. P VASCONCELOS, V. V.; NOVAES, L. A. D. Proposição metodológica para a cartografia de colos e Aptidão Agrícola: Estudo de Caso para a Bacia do Rio Paracatu. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.1, n. 1, p. 01-17, 2012.

MCLANE, A. J. et al. The role of agent-based models in wildlife ecology and management. **Ecological Modelling**, v. 222, n. 8, p. 1544–1556, 2011.

MICELI, B. S. et al. Avaliação vertical de modelos digitais de elevação (MDEs) em diferentes configurações topográficas para médias e pequenas escalas. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 63, n. 1, p. 191–201, 2011.

MINELLA, J. P. G.; WALLING, D. E.; MERTEN, G. H. Combining sediment source tracing techniques with traditional monitoring to assess the impact of improved land management on catchment sediment yields. **Journal of Hydrology**, v. 348, n. 3–4, p. 546–563, 2008.

MIOTO, C. L. et al. Morfometria de bacias hidrográficas através de SIGs livres e gratuitos. **Anuario do Instituto de Geociencias**, v. 37, n. 2, p. 16–22, 2014.

MUGNAI, R.; NESSIMIAN, J. L.; BAPTISTA, D. F. **Manual de identificação de macroinvertebrados aquáticos do estado do Rio de Janeiro**. Technical ed. Rio de Janeiro.

MUZAFFAR, S. B.; COLBO, M. H. The effects of sampling technique on the ecological characterization of shallow, benthic macroinvertebrate communities in two Newfoundland ponds. **Hydrobiologia**, v. 477, n. 1995, p. 31–39, 2002.

NOVAIS, G. T. Caracterização Climática da Mesorregião do Triângulo Mineiro / Alto Paranaíba do Entorno da Serra da Canastra (Mg). **Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil**, p. 175, 2011.

OLIVEIRA, L. C.; GOMES, B. M.; BAUMGARTNER, G.; SEBASTIEN, N. Y.. Variação espacial e temporal dos fatores limnológicos em riachos da microbacia do Rio São Francisco Verdadeiro. **Engenharia Agrícola**, v. 28, n. 4, p. 770-781.2008

OLIVEIRA, M. A. DE et al. Bioindicadores ambientais: Insetos como um instrumento desta avaliação. **Revista Ceres**, v. 61, p. 800–807, 2014.

PELOSO, B.D.A; SHIMABUKURO, Y.E.. Caracterização de unidades geo-botânicas do parque nacional da serra do cipó (MG) através da integração de imagens ópticas e modelo digital de elevação-.**Revista Brasileira de Cartografia**. N 62/01, 2010.

PEREIRA, A. C. F., SILVA, C. A. P., FIGUEIREDO, F. P. DE, SILVEIRA, P. H. F. Diagnóstico da qualidade ambiental de trechos do rio Pacuí, município de Coração de Jesus, norte de Minas Gerais. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, 11(2), 161–171.2020. DOI <https://doi.org/10.6008/cbpc2179-6858.2020.002.0018>.

PIELOU, E. C. The measurement of diversity in different types of biological collections. **J. Theoret. Biol** 13, p.131-144.1966.

PIMENTA, S. M. et al. Estudo da qualidade da água por meio de bioindicadores bentônicos em córregos da área rural e urbana. **Revista Ambiente e Água**, v. 11, n. 1, 2016.

PINTO, M. C. F. Manual Medição in loco: Temperatura, pH, Condutividade Elétrica e Oxigênio Dissolvido. **CPRM – Serviço Geológico do Brasil**, 2007. Disponível em: http://www.cprm.gov.br/publique/media/gestao_territorial/geologia_medica/manual_medicoes_T_%20pH_OD.pdf . Acesso em: 12 de agost. 2020.

PIVELI, P. D. R. P. Aula 10 - Oxigênio Dissolvido e Matéria Orgânico em Águas. [S.l.], p. 12. 2010.

PLAFKIN, J. L., BARBOUR, M. T., PORTER, K. D., GROSS, S. K., & HUGHES, R. M. (1989). Rapid bioassessment protocols for use in stream and rivers: benthic macroinvertebrates and fish. In U.S. Environmental Protection Agency, Assessment and Watershed Protection Division .(p. 150).1989.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E.; KUPLICH, T. M. **Sensoriamento Remoto da Vegetação**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2012.
Programas de Pós-Graduação de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001.

RIBEIRO, L. C. B. Geoparque Uberaba - Terra dos Dinossauros do Brasil (MG). **Serviço Geológico do Brasil (CPRM)**, 2012. Disponível em: Acesso em: 16 nov. 2014.

RIGOTTI, Jucimara Andreza; POMPÊO, Cesar Augusto; FONSECA, A. L. D. (2016). Aplicação e análise comparativa de três protocolos de avaliação rápida para caracterização da paisagem fluvial. **Revista Ambiente e Agua**, 11 n1(3). 2016. DOI <https://doi.org/10.4136/1980-993X>

ROBERTO, F.; SOUZA, R. F. DE; SILVA, S. M. P. DA. Comparative analysis of methodologies applied to the demarcation of the basin of Rio Doce - RN. **Sociedade & Natureza**, v. 28, n. 3, p. 429–442, 2016.

ROSA, P. A. DA et al. Avaliação Das Relações Entre Os Parâmetros Da Modelagem Geomorfológica E a Cobertura Florestal No Noroeste Do Rio Grande Do Sul / Assessment of Relations Between the Geomorphological Modeling Parameters and the Forest Cover in the Northwest of Rs. **Geo UERJ**, v. 0, n. 31, p. 381–402, 2017.

ROSEMOND, A. D. Small reductions in forest cover weaken terrestrial- aquatic linkages in headwater streams. **Freshwater Biology**, 721–734, 2004.

SALLYDELÂNDIA, M., FARIAS, S. Monitoramento da qualidade da água na bacia hidrográfica do Rio Cabelo: parâmetros físico-químicos. **Revista GEPROS**, 0(1), 161. <https://doi.org/10.15675/gepros.v0i1.870.2011>.

SANTIAGO, B. E. C.; JESUS, T. B. DE; SANTOS, L. B. Avaliação da qualidade da água no perímetro urbano de Riachão do Jacuípe, Bahia, Brasil Bruno. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 09, n. 04, p. 1058–1071, 2016.

SANTIAGO, B. E. C.; JESUS, T. B.; SANTOS, L. B. Avaliação da qualidade da água no perímetro urbano de Riachão do Jacuípe, Bahia, Brasil Bruno. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 09(04), p. 1058–1071,2016.

SANTO, D.S;DIAS F.F. Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ Uso de Anaglifos como Alternativa para Práticas de Estereoscopia em Sensoriamento Remoto Use of Anaglyphs as an Alternative for Stereoscopic Pratics on Remote Sensing. Anuáriodo Instituto de Geociências – UFRJ. ISSN 0101-9759 e-ISSN 1982-3908 - Vol. 34 - 2 p.105-111,2011

SANTOS, M.O.; MELO, S. M. (Influência do uso e ocupação do solo na qualidade da água de nascentes - Macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, 01(July), 36–43.,2017.

SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. **Atual estágio do IAP no uso de índices biológicosde qualidadeAnais do V Simpósio de Ecossistemas Brasileiros: Conservação. UFES, 2000.**

SEGURA, M. O.; VALENTE-NETO, F.; FONSECA-GESSNER, A. A. Chave de famílias de coleoptera aquáticos (Insecta) do estado de são paulo, Brasil. **Biota Neotropica**, 11(1), 411–412. DOI: <https://doi.org/10.1590/s1676-06032011000100037>.

SHANMUGAM, P.; AHN, Y.-H.; HYUNG RYU, J. Analysis of Land Sat-5 Tm Imagery for Extracting Aquaculture Farms Information in the Korean Coastal Waters. **Gayana (Concepción)**, v. 68, n. 2, p. 1–7, 2004.

SHRESTHA, S. et al. Integrated assessment of the climate and landuse change impact on hydrology and water quality in the Songkhram River Basin, Thailand. **Science of the Total Environment**, v. 643, p. 1610–1622, 2018.

SILVA, F. Uso do mapa de Declividade e do Modelo Digital de Elevação na análise do relevo do município de São Miguel do Tapuío – Piauí. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 5, n. 2, p. 97–107, 2019.

SILVA, G. B. S. da; SOUZA, L. C. N. DE; NOGUEIRA, S. F. Proposta metodológica para a geração de modelo de elevação digital a partir de cartas topográficas: uma abordagem no contexto do projeto GeoDegrade. **Circular Técnica Embrapa. Campinas, SP** Dezembro, 2012.

SILVA, J. W. DA; GUIMARÃES, E. C.; TAVARES, M. Variabilidade temporal da precipitação mensal e anual na estação climatológica de Uberaba-MG. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 27, n. 3, p. 665–674, 2003.

SILVA, V. A. et al. Análise morfométrica e definição do potencial de uso do solo da Bacia do Neca, em Uberaba-mg. **FAZU em Revista**, n. 10, p. 13–16, 2013.

STEFFEN, G. P. K; STEFFEN, R.B.; ANOTONIOLLI, Z.I. Contaminação do Solo e da Água Pelo Uso de Agrotóxicos. **TECNO-LÓGICA**, Santa Cruz do Sul, v. 15, n. 1, p. 15-21, jan./jun. 2011.

STHALER, A. N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. **Transactions of the American Geophysical Union**, v.38, p.913-920, 1957.

Suguio, K.; Bigarella, J. J. . Ambientes fluviais. 2. ed. rev. **Florianópolis**: Ed. da UFSC, Curitiba, PR, 1990.

TEAM, P. **Planet Application Program Interface: In Space for Life on Earth. San Francisco, CA.** Disponível em: <<https://api.planet.com>>. Acesso em: 5 jul. 2020.

THOHA, A.S. Satellite Imagery Characteristics. Departamento Florestal da Universitas Sumatera Utara. Medan. Indonésia, 2008.

TIMM, N. H. (2002). Applied multivariate analysis. Nova York: **Springer**. 693 p.

TORRES. J.L.R.; GUIDOLINI, J.F.; SANTANA, M. G.; SANTOS, E.C.S.; LAUREANO, M.B.J. . Avaliação das características morfológicas e hidrológicas da microbacia do córrego Buracão, afluente do rio Uberaba. **Caminhos de Geografia**, v. 11, n. 33, p. 157–167, 2010.

VALENTE, R.O.A; CARLOS, A.V. Análise da estrutura da paisagem na Bacia do Rio Corumbataí, SP. **Scientia Forestalis**..Corumbataí River Basin, SP. n. 62, p. 114-129, dez. 2002.

VALLE JUNIOR, R. F. DO et al. Caracterização Morfométrica da Bacia do Rio Uberaba e Determinação do Uso Potencial do solo, Uberaba-MG. **Caminhos de Geografia**, v. 13, n. 44, p. 60–74, 2012.

VALLE JUNIOR, R. F. et al. Diagnosis of Conflict of Land Use and Occupancy of River Basin. **Global Science and Technology**, v. 06, n. 01, p. 40–52, 2013.

VASCO, A. N. DO et al. Avaliação espacial e temporal da qualidade da água na sub-bacia do rio Poxim, Sergipe, Brasil. **Revista Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 6, n. 1, 2011.

VESEY G., J.S. SLADE, M. BYRNE, K. S. AND C. R. F. A new method for the concentration of Cryptosporidium oocysts from water. **Journal of Applied Bacteriology**, v. 75, p. 82–86, 1993.

VIEIRA, M. R. (2011). Os principais parâmetros monitorados pelas sondas multiparâmetros são: pH, condutividade, temperatura, turbidez, clorofila ou cianobactérias e oxigênio dissolvido. Agência Nacional de Águas (ANA)

https://www.agsolve.com.br/news_upload/file/Parametros da Qualidade da Agua.pdf

VITÓ, C. V. G. et al. Avaliação Da Qualidade Da Água: Determinação Dos Possíveis Contaminantes Da Água De Poços Artesianos Na Região Noroeste Fluminense. **Acta Biomédica Brasiliensia**, v. 7, n. 2, p. 59, 2016.

VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.

Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Minas Gerais, v. 1., 2005.

WANI, S. P., DIXIN, Y., LI, Z., DAR, W. D., CHANDER, G. Enhancing agricultural productivity and rural incomes through sustainable use of natural resources in the Semi Arid Tropics. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 92(5), 1054–1063, 2012. DOI <https://doi.org/10.1002/jsfa.4721>

WHITTON, B. A.; KELLY. M. G. Use of algae and other plants for monitoring rivers Australian **Journal of Ecology**, v. 20, n. 1, p. 45–56, 1995.

YANG, H., LI, Y., WU, M., ZHANG, Z., LI, L., WAN, S.. Plant community responses to nitrogen addition and increased precipitation: **The importance of water availability and species traits. Global Change Biology**, 17(9), 2936–2944. DOI <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2011.02423.x>, 2011.

ZARTL, A. S.; KLIK, A.; HUANG, C. Soil detachment and transport processes from interrill and rill areas. **Physics and Chemistry of the Earth, Part B: Hydrology, Oceans and Atmosphere**, v. 26, n. 1, p. 25–26, 2001.

ZHANG, Y. et al. Relationships between the Seasonal Variations of Macroinvertebrates, and Land Uses for Biomonitoring in the Xitiaoxi River Watershed, China. **International Review of Hydrobiology**, v. 97, n. 3, p. 184–199, 2012.

ZUIN, V. G.; IORIATTI, M. C. S.; MATHEUS C. E. O emprego de parâmetros físicos e químicos para a avaliação da qualidade de águas naturais: uma proposta para a educação química e ambiental na perspectiva CTSA. **Química Nova na Escola**, v. 31. 2009.

ANEXO A

**Escores a serem atribuídos às famílias de macroinvertebrados bentônicos para a
determinação do índice BMWP**

Táxos	Escores
Gripopterygidae, Perlidae	
Calamoceratidae, Xiphocentronidae, Anomalopsychidae, Odontoceridae, Limnephilidae, Atriplectididae, Limnephilidae	
Euthyplociidae, Oligoneuriidae	10
Psephenidae, Hydroscaphidae, Torridincolidae	
Blephariceridae	
Spongillidae	
Glossosomatidae, Philopotamidae, Hydrobiosidae, Ecnomidae	
Leptophlebiidae	8
Aeshnidae, Lestidae, Perilestidae, Corduliidae, Calopterygidae	
Aeglidae, Hyalellidae	
Leptoceridae, Polycentropodidae, Helicopsychidae	
Leptohyphidae	
Coenagrionidae, Megapodagrionidae, Protoneuridae, Libellulidae, Gomphidae	7
Pyralidae	
Hydracarina	
Hydroptilidae	
Noteridae, Lutrochidae, Hydrochidae, Limnichidae, Hydraenidae, Dryopidae	
Corydalidae	6
Palaemonidae, Gammaridae	
Hyriidae, Mycetopodidae, Ancylidae	
Hydropsychidae	
Polymitarcyidae, Baetidae, Caenidae	
Elmidae	4
Ampullariidae	

Simuliidae, Dixidae, Empididae, Tipulidae, Limoniidae, Athericidae

Lampyridae, Chrysomelidae, Curculionidae, Haliplidae, Staphylinidae, Dytiscidae,

Gyrinidae, Hydrophilidae

Sialidae

Ceratopogonidae, Tabanidae, Stratiomyidae, Sciomyzidae, Dolichopodidae

Lymnaeidae, Thiaridae, Corbiculidae, Mytilidae

Dugesidae

Nepidae, Hydrometridae, Belostomatidae, Pleidae, Hebridae, Corixidae,

Gerridae, Gelastocoridae, Naucoridae, Notonectidae, Veliidae, Mesoveliidae, Corixidae

Physidae, Sphaeriidae, Planorbidae, Hydrobiidae

Psychodidae

Glossiphoniidae, Erpobdellidae

Chironomidae, Culicidae, Muscidae, Ephydriidae

Oligochaeta, Syrphidae

Fonte: (Junqueira et al., 2018)

ANEXO B

PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO RÁPIDA - PAR (CALLISTO ET AL., 2002)

QUADRO I

PARÂMETROS	PONTUAÇÃO		
	4 PONTOS	2 PONTOS	0 PONTOS
1. Tipo de ocupação das margens do corpo d'água (principal atividade)	Vegetação Natural	Campo de pastagem/Agricultura/Monocultura/Reflorestamento	Residencial/Comercial/Industrial
2. Erosão próxima e/ou nas margens do rio e assoreamento em seu leito	Ausente	Moderada	Acentuada
3. Alterações antrópicas	Ausente	Alterações de origem doméstica (esgoto, lixo)	Alterações de origem industrial/urbana (fábricas, siderurgias, canalização, retificação do curso do rio)
4. Cobertura vegetal do leito	Parcial	Total	Ausente
5. Odor da água	Nenhum	Esgoto (ovo podre)	Óleo/industrial
6. Oleosidade da água	Ausente	Moderada	Abundante
7. Transparência da água	Transparente	Turva/cor de chá-forte	Opaca ou colorida
8. Odor do sedimento (fundo)	Nenhum	Esgoto (ovo podre)	Óleo/industrial
9. Oleosidade do fundo	Ausente	Moderada	Abundante
10. Tipo de fundo	Pedras/cascalho	Lama/areia	Cimento/canalizado

QUADRO II

PARÂMETROS	PONTUAÇÃO			
	5 PONTOS	3 PONTOS	2 PONTOS	0 PONTOS
11. Tipos de fundo	Mais de 30% com habitats diversificados: pedaços de troncos submersos; cascalho ou outros habitats estáveis.	30 a 50% de habitats diversificados: habitats adequados para a manutenção da populações de organismos aquáticos	10 a 30% de habitats diversificados: disponibilidade de habitats insuficiente: substratos frequentemente modificados	Menos que 10% de habitats diversificados: ausência de habitats óbvia, substrato rochoso instável para fixação dos organismos.
12. Extensão de rápidos	Rápidos e corredeiras bem desenvolvidas: rápido tão largos quanto o rio e com comprimento igual ao dobro da largura do rio.	Rápidos com largura igual à do rio, mas com comprimento menor que o dobro da largura do rio.	Trechos rápidos podem estar ausentes: rápidos não tão largos quanto o rio e seu comprimento menor que o dobro da largura do rio. Rápidos ou corredeiras ocasionais: habitats formados pelos contornos do fundo; distância entre rápidos dividida pela largura do rio entre 15 e 25.	Rápidos ou corredeiras inexistentes.
13. Frequência de rápidos	Rápidos relativamente frequentes: distância entre rápidos dividida pela largura do rio entre 5 e 7.	Rápidos não frequentes: distância entre rápidos dividida pela largura do rio entre 7 e 15.	Fundo formado predominantemente por cascalho: alguns seixos presentes.	Geralemnte com lâmina d'água "lisa" ou com rápidos raros; pobreza de habitats; distância entre rápidos dividida pela largura do rio maior que 25.
14. Tipos de substrato	Seixos abundantes (prevalecendo em nascentes).	Seixos abundantes: cascalho comum.	Fundo formado predominantemente por cascalho: alguns seixos presentes.	Fundo pedregoso: seixos ou lamoso.
15. Deposição de lama.	Entre 0 e 25% do fundo coberto por lama.	Entre 25 e 50% do fundo coberto por lama	Entre 50 e 75% do fundo coberto por lama.	Mais de 75% do fundo coberto por lama.
16. Depósitos sedimentares	Menos de 5% do fundo com deposição de lama: ausência de deposição nos remansos.	Alguma evidência de modificação no fundo, principalmente como aumento de cascalho, areia ou lama: 5 a 30% do fundo afetado: suave deposição nos remansos.	Deposição moderada de cascalho novo, areia ou lama nas margens: entre 30 a 50% do fundo afetado, deposição moderada nos remansos.	Grandes depósitos de lama, maior desenvolvimento das margens: mais de 50% do fundo modificado: remansos ausentes devido a significativa deposição de sedimentos.

QUADRO II

PARÂMETROS	PONTUAÇÃO			
	5 PONTOS	3 PONTOS	2 PONTOS	0 PONTOS
17. Alterações no canal do rio	Canalização (retificação) ou drenagem ausente ou mínima: rio com padrão normal.	Alguma canalização presente, normalmente próximo à construção de pontes: evidência de modificação há mais de 20 anos.	Alguma modificação presente nas duas margens: 40 ou 80% do rio modificado.	Margens modificadas: acima de 80% do rio modificado.
18. Características do fluxo das águas.	Fluxo relativamente igual em toda a largura o rio: mínima quantidade de substrato exposta.	Lâmina d'água acima de 75% do canal do rio: ou menos de 25% do substrato exposto.	Lâmina d'água entre 25 e 75% do canal do rio, e/ou maior parte do substrato nos "rápidos" exposto.	Lâmina d'água escassa e presente apenas nos remansos.
19. Presença de mata ciliar.	Acima de 90% com vegetação ripária nativa, incluindo árvores, arbustos ou macrófitas: mínima evidência de deflorestamento: todas as plantas atingindo a altura "normal".	Entre 70 e 90% com vegetação ripária nativa: deflorestamento evidente mas não afetando o desenvolvimento da vegetação, maioria das plantas atingindo a altura "normal".	Entre 50 e 70% com vegetação ripária nativa: deflorestamento óbvio, trechos com solo exposto ou vegetação eliminada: menos da metade das plantas atingindo a altura "normal".	Menos de 50% da mata ciliar nativa: deflorestamento muito acentuado.
20. Estabilidade das margens	Margens estáveis: evidência de erosão mínima ou ausente: pequeno potencial para problemas futuros. Menos de 5% de margem afetada.	Moderadamente estáveis: pequenas áreas de erosão frequentes. Entre 5 a 30% da margem com erosão.	Moderadamente instáveis: entre 30 e 60% da margem com erosão. Risco elevado de erosão durante enchentes.	Instável: muitas áreas com erosão: frequentes áreas descobertas nas curvas do rio: erosão óbvia entre 60 e 100% da margem.
21. Extensão de mata ciliar	Largura da vegetação ripária maior que 18m: sem influência de atividades antrópicas (agropecuária, estradas, etc).	Largura de vegetação ripária entre 12 e 15m: mínima influência antrópica.	Largura de vegetação ripária entre 6 e 12m: influência antrópica intensa.	Largura e da vegetação ripária menor que 6m; vegetação restrita ou ausente devido a atividades antrópicas
22. Presença de plantas aquáticas	Pequenas macrófitas aquáticas e/ou musgos distribuídos pelo leito.	Macrófitas aquáticas ou algas filamentosas ou musgos distribuídos no rio, substrato com perifiton.	Algas filamentosas ou macrófitas em poucas pedras ou alguns remansos, perifiton abundante e biofilme.	Ausências de vegetação aquática no leito do rio ou grandes bancos macrófitas (ex. água-pé).

FONTE: Callisto et al.,(2002).

APENDICE II

PONTO 1											
	Temp.	pH	ORP	CE ($\mu\text{m}/\text{cm}$)	NTU - Turbidez	OD (Mg/L)	OD%	TDS (mg/L)	Sal	NO3 (μm)	K+ (μm)
A	22,2	6,7	32,0	108,0	0,8	8,1	95,8	109,0	0,0	29,0	13,0
B	22,2	6,8	30,0	167,0	1,2	8,9	104,8	109,0	0,0	28,0	5,0
C	22,2	6,7	36,0	167,0	0,8	8,1	98,8	109,0	0,0	29,0	5,0
MÉDIA	22,2	6,8	32,7	147,3	0,9	8,4	99,8	109,0	0,0	28,7	7,7
DESV. PADRÃO	0,0	0,0	3,1	34,1	0,2	0,4	4,6	0,0	0,0	0,6	4,6
	22,2	6,8	32,7	147,3	0,9	8,4	99,8	109,0	0,0	28,7	7,7
PONTO 2											
	Temp.	pH	ORP	CE ($\mu\text{m}/\text{cm}$)	NTU - Turbidez	OD (Mg/L)	OD%	TDS (mg/L)	Sal	NO3 (μm)	K+ (μm)
A	19,9	7,3	163,0	158,0	1,1	10,3	113,4	102,0	0,0	9,0	6,0
B	19,9	7,2	163,0	157,0	0,9	9,9	114,1	103,0	0,0	9,0	7,0
C	19,9	7,2	163,0	158,0	1,0	10,1	114,3	103,0	0,0	9,0	11,0
MÉDIA	19,9	7,2	163,0	157,7	1,0	10,1	113,9	102,7	0,0	9,0	8,0
DESV. PADRÃO	0,0	0,0	0,0	0,6	0,1	0,2	0,5	0,6	0,0	0,0	2,6
PONTO 3											
	Temp.	pH	ORP	CE ($\mu\text{m}/\text{cm}$)	NTU - Turbidez	OD (Mg/L)	OD%	TDS (mg/L)	Sal	NO3 (μm)	K+ (μm)
A	20,7	7,0	27,0	226,0	1,6	9,0	114,2	147,0	0,0	17,0	6,0
B	20,8	7,1	11,0	224,0	1,6	7,3	83,5	146,0	0,0	9,0	6,0
C	20,8	7,1	10,0	224,0	2,5	6,8	78,4	0,1	0,0	9,0	6,0
MÉDIA	20,8	7,1	16,0	224,7	1,9	7,7	92,0	97,7	0,0	11,7	6,0
DESV. PADRÃO	0,0	0,1	9,5	1,2	0,5	1,1	19,4	84,5	0,0	4,6	0,0
PONTO 4											

	Temp.	pH	ORP	CE (µm/cm)	NTU - Turbidez	OD (Mg/L)	OD%	TDS (mg/L)	Sal	NO3 (µm)	K+ (µm)
A	21,1	7,1	115,0	161,0	1,6	5,6	64,0	104,0	0,0	24,0	9,0
B	21,1	7,2	119,0	161,0	2,1	5,9	67,8	105,0	0,0	27,0	9,0
C	21,1	7,3	75,0	161,0	0,8	5,6	64,4	105,0	0,0	25,0	5,0
MÉDIA	21,1	7,2	103,0	161,0	1,5	5,7	65,4	104,7	0,0	25,3	7,7
DESV. PADRÃO	0,0	0,1	24,3	0,0	0,6	0,2	2,1	0,6	0,0	1,5	2,3
PONTO 5											
	Temp.	pH	ORP	CE (µm/cm)	NTU - Turbidez	OD (Mg/L)	OD%	TDS (mg/L)	Sal	NO3 (µm)	K+ (µm)
A	20,8	6,8	83,0	101,0	0,5	5,7	65,2	66,0	0,0	12,0	4,0
B	20,8	7,2	106,0	101,0	0,4	5,6	64,6	66,0	0,0	14,0	9,0
C	20,9	7,2	115,0	101,0	0,4	5,8	66,0	66,0	0,0	14,0	4,0
MÉDIA	20,8	7,1	101,3	101,0	0,4	5,7	65,3	66,0	0,0	13,3	5,7
DESV. PADRÃO	0,0	0,2	16,5	0,0	0,1	0,1	0,7	0,0	0,0	1,2	2,9
PONTO 6											
	Temp.	pH	ORP	CE (µm/cm)	NTU - Turbidez	OD (Mg/L)	OD%	TDS (mg/L)	Sal	NO3 (µm)	K+ (µm)
A	21,2	6,9	144,0	87,0	0,4	5,7	66,1	57,0	0,0	12,0	13,0
B	21,2	7,0	85,0	88,0	10,8	6,4	73,7	57,0	0,0	14,0	6,0
C	21,3	7,1	55,0	88,0	7,6	5,3	60,9	57,0	0,0	4,0	14,0
MÉDIA	21,2	7,0	114,5	87,5	5,6	6,0	69,9	57,0	0,0	13,0	9,5
DESV. PADRÃO	0,0	0,1	45,3	0,6	5,3	0,6	6,4	0,0	0,0	5,3	4,4
PONTO 7											
	Temp.	pH	ORP	CE (µm/cm)	NTU - Turbidez	OD (Mg/L)	OD%	TDS (mg/L)	Sal	NO3 (µm)	K+ (µm)
A	21,6	6,8	101,0	80,0	1,5	6,4	75,0	52,0	0,0	7,0	16,0
B	21,5	7,0	46,0	81,0	1,6	4,9	57,2	52,0	0,0	7,0	16,0
C	21,4	6,9	44,0	81,0	1,6	4,9	56,5	53,0	0,0	8,0	16,0
MÉDIA	21,5	6,9	63,7	80,7	1,6	5,4	62,9	52,3	0,0	7,3	16,0
DESV. PADRÃO	0,1	0,1	32,3	0,6	0,1	0,9	10,5	0,6	0,0	0,6	0,0

PONTO 8											
	Temp.	pH	ORP	CE ($\mu\text{m/cm}$)	NTU - Turbidez	OD (Mg/L)	OD%	TDS (mg/L)	Sal	NO3 (μm)	K+ (μm)
A	26,8	6,0	60,0	51,0	104,0	12,1	153,1	30,0	0,0	4,0	49,0
B	25,1	5,8	86,0	27,0	242,0	10,0	123,9	16,0	0,0	5,0	4,0
C	25,8	5,8	75,0	36,0	571,0	6,2	76,9	23,0	0,0	5,0	2,0
MÉDIA	25,9	5,9	73,7	38,0	305,7	9,4	118,0	23,0	0,0	4,7	18,3
DESV. PADRÃO	0,8	0,1	13,1	12,1	239,9	3,0	38,4	7,0	0,0	0,6	26,6

APENDICE III

Análise de similaridade entre os parâmetros amostrados

	pH	ORP	CE ($\mu\text{m/cm}$)	NTU - Turbid	OD (Mg/L)	TDS (mg/L)	NO3 (μm)	K+ (μm)	BMWP	PAR	Área Alagada (há)	Área de Culturas (f)	Área Edificações (f)	Área de Espelho D	Área Pasto (há)	Área Rodovias (há)	Área Solo Exposto (h)	Área Vegetação (h)	declividade media
pH	1,00																		
ORP	0,31	1,00																	
CE ($\mu\text{m/cm}$)	0,65	-0,23	1,00																
NTU - Turbidez	-0,93	-0,08	-0,60	1,00															
OD (Mg/L)	-0,38	0,09	0,11	0,46	1,00														
TDS (mg/L)	0,70	-0,02	0,88	-0,69	0,11	1,00													
NO3 (μm)	0,33	-0,21	0,43	-0,45	-0,20	0,70	1,00												
K+ (μm)	-0,77	-0,07	-0,76	0,73	0,13	-0,79	-0,55	1,00											
BMWP	0,01	0,16	-0,52	-0,09	-0,75	-0,28	0,34	0,09	1,00										
PAR	0,19	-0,27	0,28	-0,11	-0,51	0,19	0,29	-0,04	0,27	1,00									
Área Alagada (há)	-0,93	-0,08	-0,59	1,00	0,46	-0,69	-0,45	0,73	-0,09	-0,10	1,00								
Área de Culturas (f)	-0,12	-0,16	0,05	0,25	-0,33	-0,20	-0,03	0,14	0,16	0,57	0,24	1,00							
Área Edificações (f)	0,24	0,39	0,29	-0,22	0,69	0,53	0,15	-0,25	-0,48	-0,52	-0,21	-0,71	1,00						
Área de Espelho D	-0,93	-0,08	-0,60	1,00	0,46	-0,69	-0,45	0,73	-0,09	-0,10	1,00	0,24	-0,21	1,00					
Área Pasto (há)	0,36	-0,11	0,31	-0,53	0,18	0,33	0,01	-0,42	-0,38	-0,64	-0,53	-0,73	0,51	-0,53	1,00				
Área Rodovias (há)	0,31	0,17	0,29	-0,17	-0,29	0,44	0,60	-0,22	0,37	0,76	-0,17	0,47	-0,11	-0,17	-0,66	1,00			
Área Solo Exposto (h)	0,47	0,74	0,33	-0,23	0,46	0,46	-0,08	-0,30	-0,40	-0,14	-0,22	-0,33	0,75	-0,22	0,11	0,21	1,00		
Área Vegetação (h)	0,52	0,06	-0,03	-0,61	-0,81	0,17	0,40	-0,23	0,71	0,45	-0,61	-0,16	-0,23	-0,61	0,01	0,37	-0,12	1,00	
declividade media	0,15	0,42	-0,17	0,00	-0,23	-0,30	-0,50	0,37	0,03	0,17	-0,01	0,50	-0,22	-0,01	-0,37	0,15	0,20	-0,03	1,00