



CARLOS EDUARDO DOS SANTOS SOUZA

**PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO RÁPIDA PARA VEREDAS E
CURSOS D'ÁGUA: ESTUDO SOBRE A DEGRADAÇÃO DO
CÓRREGO BARREIRO GRANDE, TRÊS MARIAS – MG.**

**LAVRAS-MG
2022**

CARLOS EDUARDO DOS SANTOS SOUZA

**PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO RÁPIDA PARA VEREDAS E CURSOS D'ÁGUA:
ESTUDO SOBRE A DEGRADAÇÃO DO CÓRREGO BARREIRO GRANDE, TRÊS
MARIAS – MG**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras,
como parte das exigências do Curso de Engenharia
Ambiental e Sanitária, para a obtenção do título de
Bacharel.

Prof. Dr. Luís Antônio Coimbra Borges
Orientador

**LAVRAS-MG
2022**

CARLOS EDUARDO DOS SANTOS SOUZA

**PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO RÁPIDA PARA VEREDAS E CURSOS D'ÁGUA:
ESTUDO SOBRE A DEGRADAÇÃO DO CÓRREGO BARREIRO GRANDE, TRÊS
MARIAS – MG.**

**QUICK EVALUATION PROTOCOL FOR WATER COURSES AND STREAMS:
STUDY ON THE DEGRADATION OF THE BARREIRO GRANDE STREAM, TRÊS
MARIAS - MG.**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras,
como parte das exigências do Curso de Engenharia
Ambiental e Sanitária, para a obtenção do título de
Bacharel.

APROVADO em 18 de abril de 2022.
Prof. Dr. Luís Antônio Coimbra Borges UFLA
Prof. Dr. Ricardo Tayarol Marques IF SUDESTE MG
Dr. Pietros André Balbino dos Santos UFLA

Prof. Dr. Luís Antônio Coimbra Borges
Orientador

**LAVRAS-MG
2022**

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, mestre maior, responsável por todas as conquistas e virtudes que adquiri ao longo da minha vida, permitindo que tudo isso acontecesse.

Aos meus amigos de vida, em especial ao André, Diego, Felipe, Guilherme, João, Leandro, Mateus, Murilo, Renan e Wilker, pela amizade e companheirismo durante todo esse tempo.

Aos meus professores que sempre me motivaram a alcançar novos objetivos.

A todos os professores e funcionários da Universidade Federal de Lavras.

À equipe de trabalho de SSMA da Nexa – Três Marias, que durante 1 ano me acolheram e me ajudaram na minha formação pessoal e profissional. Agradeço, especialmente ao Edvan, Evelize, Guilherme, Rosana, Mabel, Raminez e Luana.

Agradeço aos meus parentes que sempre me apoiaram, em especial meu primo Alex, responsável pelo meu primeiro notebook, no qual escrevo este TCC. Agradeço também ao meu primo Wesley, pelo seu afeto em prol de minha família. À minha avó, primos, padrinhos, madrinhas, tios e tias.

Ao meu orientador e amigo, Luis Antônio Coimbra Borges, por ter apoiado e acreditado em mim durante todo esse tempo da graduação.

À minha família, que tem me dado sustentação para enfrentar desafios e alcançar meus objetivos. Agradeço à minha mãe, Regina Maria dos Santos Souza, pela vida e por todas as coisas que me proporcionou, à minha irmã, Marianny dos Santos Souza, pela união, carinho, conselhos e apoio em todas as áreas da minha vida.

Ao meu pai, Zildo Luiz de Souza, que mesmo distante ainda está perto me abençoando, me protegendo e torcendo por mim. Agradeço também pela vida, pelos ensinamentos, pelo orgulho de me ver alçar novos rumos. Mesmo não estando perto fisicamente tenho a honra de dedicar esse trabalho em seu nome.

RESUMO

O desenvolvimento de mecanismos qualitativos de avaliação de cursos d'água tem apresentado um papel importante na preservação e identificação de áreas antropizadas, possibilitando um diagnóstico mais assertivo, favorecendo a tomada de decisão para ações futuras. Nesse contexto, a utilização do Protocolo de Avaliação Rápida (PAR) demonstra ser uma ferramenta eficiente e de baixo custo para a realização de diagnósticos ambientais. Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo elaborar indicadores e protocolo de avaliação rápida para Veredas e seu curso d'água, avaliando a bacia do córrego Barreiro Grande localizado na cidade de Três Marias – MG. Para isso, revisões bibliográficas foram realizadas a fim de elencar parâmetros primordiais para serem analisados *in loco* e que sustentasse a elaboração de um novo PAR para veredas e cursos d'água. Para atingir o objetivo, 11 pontos foram estudados ao longo do Córrego Barreiro Grande, com o propósito de avaliar grau de antropização, cobertura vegetal, características do curso d'água, entre outros. Dessa forma, foi possível elaborar o PAR e atribuir os valores correspondentes as condições ambientais do local, de acordo com a pontuação para seu respectivo protocolo de avaliação rápida, podendo as condições do local variar de ótima, boa, regular ou péssima. Após a elaboração do PAR, técnicas de geoprocessamento foram empregadas para avaliar os impactos ambientais ao no período correspondente aos anos de 2014 e 2022. Para o processamento das imagens foi utilizado o *software Qgis 3.16.10*, a fim de gerar os índices de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), Índice de Água de Diferença Normalizada (NDWI) e por Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (SAVI). Posteriormente as visitas *in loco* e a elaboração do protocolo, foi possível constatar que as áreas de Veredas do Córrego Barreiro Grande, se encontram em boa qualidade, apresentando boa estrutura e sem indícios de contaminação da água. Porém, para a área do Córrego Barreiro Grande a classificação foi de regular, devido a elevada concentração de resíduos, lançamento de esgoto e falta de área de preservação permanente, o que indica que o local está sofrendo intensos impactos antrópicos. Por fim, o Protocolo de Avaliação Rápida pode ser considerado uma ferramenta eficiente na identificação das fontes de degradação dos recursos hídricos, podendo ser utilizado como instrumento para sociedade e gestão pública, a fim de garantir a preservação e a valoração deste bem natural.

Palavras-chave: Índice espectral. Recursos Hídricos. Impactos ambientais.

ABSTRACT

The development of qualitative mechanisms for the assessment of watercourses has played an important role in the preservation and identification of anthropized areas, enabling a more assertive diagnosis, favoring decision-making for future actions. In this context, the use of the Rapid Assessment Protocol (PAR) proves to be an efficient and low-cost tool for carrying out environmental diagnoses. Thus, the present work aimed to develop indicators and rapid assessment protocol for Veredas and its watercourse, evaluating the Barreiro Grande stream basin located in the city of Três Marias - MG. For this, bibliographic reviews were carried out in order to list essential parameters to be analyzed in loco and to support the elaboration of a new PAR for paths and water courses. To achieve the objective, 11 points were studied along the Barreiro Grande Stream, with the purpose of evaluating the degree of anthropization, vegetation cover, watercourse characteristics, among others. In this way, it was possible to prepare the PAR and assign the values corresponding to the environmental conditions of the place, according to the score for its respective rapid assessment protocol, and the conditions of the place can vary from excellent, good, regular or very bad. After the elaboration of the PAR, geoprocessing techniques were used to evaluate the environmental impacts in the period corresponding to the years 2014 and 2022. For the processing of the images, the software Qgis 3.16.10 was used, in order to generate the Vegetation indices by Normalized Difference (NDVI), Normalized Difference Water Index (NDWI) and by Ground Adjusted Vegetation Index (SAVI). After the on-site visits and the elaboration of the protocol, it was possible to verify that the areas of Veredas do Córrego Barreiro Grande are in good quality, presenting good structure and without evidence of water contamination. However, for the Córrego Barreiro Grande area, the classification was regular, due to the high concentration of waste, sewage discharge and lack of permanent preservation area, which indicates that the site is suffering intense anthropic impacts. Finally, the Rapid Assessment Protocol can be considered an efficient tool in identifying the sources of degradation of water resources, and can be used as an instrument for society and public management, in order to guarantee the preservation and valuation of this natural asset.

Keywords: Spectral index. Water resources. Environmental impacts.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Parcelamento do solo e limites de proteção das APP's de nascentes.	19
Figura 2 – Gênese das Veredas.....	20
Figura 3 – Mapa de localização do município de Três Marias.....	25
Figura 4 – Mapa de localização do município de três marias e sua microrregião.....	28
Figura 5 – Mapa de localização da área de estudo.	29
Figura 6 – Utilização do medidor multiparâmetro para análise da qualidade da água.....	31
Figura 7 – Coleta da água a ser analisada.....	31
Figura 8 – Amostra e reagente para determinação do pH	32
Figura 9 – Determinação dos valores de pH.....	32
Figura 10 – Análise de amônia tóxica.	32
Figura 11 – Determinação dos valores de amônia tóxica.....	32
Figura 12 – Análise de nitrito.....	33
Figura 13 – Determinação dos valores de nitrito.....	33
Figura 14 – Análise de dureza em carbonatos 5 ml.....	33
Figura 15 – Análise de dureza em carbonatos 10 ml.....	33
Figura 16 – Análise de oxigênio dissolvido.	34
Figura 17 – Determinação do resultado de oxigênio dissolvido.	34
Figura 18 – Área no entorno da vereda afetada pelo fogo.....	40
Figura 19 – Buritis da vereda do mangaba.	41
Figura 20 – Anfíbios existentes na vereda do mangaba.	41
Figura 21 – Buritis da vereda da vicermina.....	41
Figura 22 – Vegetação vereda da vicermina.	41
Figura 23 – Avaliação do ponto 3.	44
Figura 24 – Margem esquerda ponto 4.....	44
Figura 25 – Margem direita ponto 4.....	44
Figura 26 – Lançamento de esgoto ponto 5.....	46
Figura 27 – Presença de animais ponto 5.	46
Figura 28 – Acúmulo de lixo no ponto 6.....	47
Figura 29 – Rompimento na tubulação de esgoto sanitário ponto 6.	47
Figura 30 – Lançamento de água contendo espuma no ponto 6.....	47
Figura 31 – Proximidade das residências no ponto 7.	49
Figura 32 – Acúmulo de lixo nas margens no ponto 7.....	49

Figura 33 – Peixes existentes no córrego no ponto 7.	49
Figura 34 – Cágados existentes no ponto 7.	49
Figura 35 – Lançamento de esgoto no ponto 7.	49
Figura 36 – Processo erosivo na margem no ponto 8.	50
Figura 37 – Processo erosivo na margem no ponto 8.	50
Figura 38 – Vegetação no entorno das margens no ponto 9.	51
Figura 39 – Lixo dispersos na margem no ponto 9.	51
Figura 40 – Presença de traíra no ponto 9.	51
Figura 41 – Comparação dos índices NDVI do Córrego Barreiro Grande.	62
Figura 42 – Comparação dos índices NDWI do Córrego Barreiro Grande.	64
Figura 43 – Comparação dos índices SAVI do Córrego Barreiro Grande.	65

LISTA DE FLUXOGRAMAS

Fluxograma 1 – Etapas para execução do presente estudo.....	27
---	----

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Classificação de acordo com o par para cursos d'água.	43
Gráfico 2 – Monitoramento de pH.	53
Gráfico 3 – Monitoramento de oxigênio dissolvido.	54
Gráfico 4 – Monitoramento de amônia tóxica.	55
Gráfico 5 – Monitoramento de nitrito.	56
Gráfico 6 – Monitoramento de dureza em carbonatos (ppm).	57
Gráfico 7 – Monitoramento de Sólidos totais dissolvidos (ppm).	58
Gráfico 8 – Monitoramento de condutividade elétrica ($\mu\text{s}/\text{cm}$).	59
Gráfico 9 – Monitoramento de temperatura ($^{\circ}\text{C}$).	60

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Faixa de Qualidade da Água de acordo com IQA.	23
Tabela 2 – Coordenadas UTM dos pontos de estudo.	29
Tabela 3 – Pontuação dos parâmetros analisados no protocolo de avaliação rápida de veredas.	39
Tabela 4 – Pontuação dos parâmetros analisados no protocolo de avaliação rápida para cursos d'água.	42
Tabela 5 – Resultado das análises químicas dos pontos amostrados.	52
Tabela 6 – Diferença entre as áreas dos anos de 2014 e 2022 utilizando o NDVI.	63
Tabela 7 – Diferença entre as áreas dos anos de 2014 e 2022 utilizando o NDWI.....	64
Tabela 8 – Diferença entre as áreas dos anos de 2014 e 2022 utilizando o SAVI.	65

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS	14
2.1 Objetivos Gerais	14
2.2 Objetivos Específicos	14
3 REFERENCIAL TEÓRICO	15
3.1 Evolução do Código Florestal Brasileiro	15
3.2 Área de Preservação Permanente (App)	16
3.3 Nascentes e seus cuidados	18
3.4 Veredas e sua importância para o cerrado	20
3.5 Recursos Hídricos	21
3.6 Índice de qualidade de água	22
3.7 Importância do protocolo de avaliação rápida para proteção dos recursos naturais	23
4 MATERIAIS E MÉTODOS	25
4.1 Características da área de estudo	25
4.1.1 Clima.....	26
4.1.2 Clima.....	26
4.1.3 Vegetação e relevo	26
4.1.4 Território e meio ambiente	26
4.2 Fluxograma de execução das atividades.....	27
4.2.1 Levantamento bibliográfico.....	27
4.2.2 Adequação do par	34
4.2.3 Elaboração dos índices NDVI, NDWI e SAVI	36
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
5.1 Adequação do PAR para veredas e cursos d'água	39
5.2 Análise química da água	52
5.3 Índice NDVI, NDWI E SAVI.....	62
5.3.1 NDVI.....	62
5.3.2 NDWI.....	63
5.3.3 SAVI.....	65
6 CONCLUSÃO	67
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69
APÊNDICE	78
APÊNDICE I – Protocolo de Avaliação Rápida para Veredas	78
APÊNDICE II – Protocolo de avaliação rápida para cursos d'água	80

1 INTRODUÇÃO

É notória a crescente preocupação da população e estudiosos acerca dos temas relacionados ao meio ambiente, pois esta preocupação se deve principalmente às mudanças climáticas ocorridas no planeta. Ao longo dos anos, a percepção de eventos naturais catastróficos e a sua ocorrência tem sido cada vez mais comum, como mudanças na média anual de precipitações, tendo regiões seriamente afetadas pelo excesso de chuvas e outras passando por extremos períodos de seca. Tendo em vista essas mudanças climáticas ocorridas ao longo dos anos, um fator que está atrelado a esse evento é a expansão urbana e a necessidade de novas áreas para plantio de alimentos (WWF, 2014).

Segundo informações disponibilizadas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2019), a produtividade da agropecuária cresce 3,43% ao ano. Com este crescente aumento se faz necessário a utilização de novas áreas. De acordo com o IBGE (2018), entre 2006 e 2017 o Brasil teve um aumento de 16.573.292 hectares de área destinada para à agropecuária, esse valor corresponde a 3,79% do território do estado do Rio de Janeiro.

Com base nesses dados acerca do crescente aumento da agropecuária, atrelado a expansão desordenada das cidades, é possível observar a capacidade de geração de diversos prejuízos, como, por exemplo, áreas degradadas. Segundo a Embrapa (2021), o Brasil possui 130 milhões de hectares de pastagens degradadas, o que culmina em diversos prejuízos para a economia brasileira.

A degradação ambiental afeta todo o ecossistema ao seu redor desde espécies locais até cursos d'água, alterando os fluxos hídricos e afetando a recarga do lençol freático. Diante desse fato, tem-se a importância de se preservar as áreas de vegetação nativa juntamente com as nascentes e veredas, pois elas são de suma importância para a manutenção das vazões de rios e córregos, além de desempenharem um papel importante na regulação do microclima, na conservação da água e na reprodução de espécies. Uma das formas encontradas para manter e proteger os cursos d'água são as legislações vigentes.

No Brasil, a legislação que garante a proteção das veredas é o Código Florestal Brasileiro – Lei Federal nº 12.651/2012, que dita delimitações de áreas para a preservação destes ambientes. Embora as leis florestais brasileiras sejam consideradas uma das melhores do mundo, em alguns aspectos ela se mostra falha, principalmente na fiscalização de sua aplicação. A falta de respeito com o meio ambiente e o descumprimento da lei gera prejuízos, sendo, em alguns casos, irreparáveis. Por esse motivo, é de grande importância o planejamento territorial

para os processos de urbanização, principalmente no que diz respeito ao manejo dos recursos hídricos e à gestão do uso e ocupação do solo (MENDONÇA *et al.*, 2007).

Tendo em vista as ações antrópicas em áreas de preservação, um ambiente que está seriamente afetado são as Veredas. As Veredas são ambientes extremamente sensíveis à perturbação e, com as interferências humanas, seu processo evolutivo é interrompido, causando a sua “morte” (FERREIRA, 2003).

As Veredas estão presentes na região do Cerrado Brasileiro, apresentando características marcantes de sua paisagem, tais como a presença dos Buritis. Os buritis, em meio aos solos úmidos, representam corredores ecológicos naturais, nos quais auxiliam na preservação das veredas e a reprodução das espécies, mas devido a exploração humana, as vegetações naturais dessas áreas estão sendo substituídas pela exploração de eucaliptos e pastagem (MELO, 2008). Segundo Guimarães (2001), as ações antrópicas estão interferindo gradativamente nas áreas de veredas, causando a descaracterização e eliminação em diversas regiões do Brasil, podendo causar alterações sérias nas condições bióticas e abióticas destes ambientes.

Com base na importância de se preservar esse recurso natural, este trabalho foi desenvolvido com intuito de elaborar metodologias que facilitem a identificação de áreas de veredas degradadas e seus cursos d’água, a fim de garantir a preservação e a valoração deste bem natural. A pesquisa objetivou no desenvolvimento de um Protocolo de Avaliação Rápida (PAR) para as Veredas e cursos d’água a partir de adaptações de protocolos existentes na literatura, a fim de criar mecanismos qualitativos de avaliação de cursos d’água que possibilite um diagnóstico mais assertivo, favorecendo a tomada de decisão para ações futuras.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivos Gerais

O presente trabalho tem por objetivo elaborar indicadores e protocolo de avaliação rápida das Veredas e seu curso d'água, avaliando a bacia do córrego Barreiro Grande localizado na cidade de Três Marias – MG.

2.2 Objetivos Específicos

- a) Mapear as veredas de estudo e os respectivos pontos de análise do Córrego Barreiro Grande por meio do uso de imagens de satélite apresentando a sua geolocalização;
- b) Realizar análises químicas e visuais nas Veredas e no Córrego Barreiro Grande;
- c) Definir parâmetros para aplicação do protocolo modelo;
- d) Elaborar protocolo de avaliação rápida para diagnóstico das Veredas e seu curso d'água.
- e) Analisar a situação de degradação de cada Vereda estudada e o grau de degradação de seus cursos d'água utilizando o NDVI, NDWI e SAVI.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Evolução do Código Florestal Brasileiro

Em 1934 começava a se formar o “embrião” da legislação florestal brasileira. O Decreto nº 23.793, de 23 de janeiro de 1934 editado pelo então presidente da época, Getúlio Vargas, teve como princípio fundamental a garantia da proteção das florestas. O aumento no plantio de café e a criação de gado promoviam grandes desmatamentos e escassez dos recursos naturais, sendo necessário a criação de legislações para garantir a seguridade dos recursos naturais.

O referido Decreto nº 23.793, estabelece em seu Art.3º a classificação das florestas. Neste artigo, as florestas podem ser classificadas em protetoras, remanescentes, modelo e de rendimento (BRASIL, 1934).

Por meio do decreto nº 23.793/34, em seu art.22º, foi definido algumas proibições aos proprietários rurais. De acordo com o referido artigo, ficava proibido a derrubada em áreas de vegetação escassa, vegetação de cursos d’água e estradas, com pretensões em transformá-las em lenha e/ou carvão (BRASIL, 1934).

O decreto de nº 23.793/34, ainda destacava em seu Art.23º que nenhum proprietário de terras cobertas de matas poderia abater mais de três quartas partes de vegetação existente, salvo em condições específicas.

Na década de 60, devido à forte pressão dos movimentos ambientalistas e a crescente onda de desmatamento no Brasil, teve início a movimentação para revisar o decreto de 1934.

No dia 15 de setembro de 1965 a Lei Federal nº 4.771 foi sancionada pelo então presidente, Castelo Branco, revogando o Decreto Federal nº 23.793/1934. A Lei tinha como foco a preservação dos recursos hídricos, áreas de encostas íngremes e dunas (GARCIA, 2012).

Segundo Borges *et al.* (2011), o Código Florestal de 1965 dispôs sobre algumas limitações aos proprietários de terras, garantindo maiores cuidados nas Áreas de Preservação Permanentes (APP) e Reservas Legais (RL).

Devido aos crescentes interesses econômicos do agronegócio e os “conflitos” entre ruralistas e ambientalistas, o Brasil se viu sob necessidade de adequar sua legislação. Sendo assim, em 2009, iniciaram-se os debates a respeito da mudança do Código Florestal Brasileiro. Os debates geraram grandes conflitos de interesses, principalmente por parte dos ruralistas, criando resistência por parte da comunidade científica.

“Os ruralistas queriam certas anistias, além dos interesses econômicos para a ampliação da produção agropecuária, enquanto ambientalistas requeriam mais proteção e punições para

aqueles que no passado foram incentivados para a ocupação de terras” (CORRÊA, 2020, p.19). Somente em 2012, após intensas discussões, foi sancionado pela então Presidenta Dilma Rousseff, o Código Florestal, Lei Federal nº 12651, de 25 de maio de 2012 (BRASIL, 2012).

O Código Florestal trouxe mudanças para o cenário ambiental brasileiro, como a criação do Cadastro Ambiental Rural (CAR), e a perspectiva de implantação do Programa de Regularização Ambiental (PRA) (FERNANDES, 2020).

O CAR é uma ferramenta eletrônica nacional, que integra informações ambientais de propriedades rurais, permitindo aos órgãos fiscalizadores conhecerem todas as condições dos imóveis cadastrados. Por sua vez, através da Lei Federal nº 13.887/19 art. 1º § 3º, a aderência ao CAR se mantém obrigatória e com prazo indeterminado para cadastramento das propriedades rurais (BRASIL, 2019).

Já a adesão ao PRA, só poderá ser realizada mediante a inscrição no CAR (BRASIL, 2019). O PRA é um conjunto de ações elaboradas pelos produtores rurais a fim de recompor/regularizar as APP's e RL's consolidadas ou áreas com passivos ambientais, garantindo ainda benefícios, como créditos agrícolas.

O Código Florestal Brasileiro, apresentou diversos pontos de melhoria em suas leis, sendo mais justas em quesitos sociais e ambientais (BECKER *et al.*, 2017). Além disso, a criação do CAR pelo Código Florestal trouxe avanços para as políticas públicas, no qual permite uma fiscalização ambiental mais efetiva.

3.2 Área de Preservação Permanente (APP)

O Código Florestal estabelecido através da Lei Federal nº 12.651 de maio de 2012 caracteriza alguns conceitos. De acordo com o art. 3º, inciso II da referida legislação, área de preservação permanente é definida como:

Área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade, geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas (BRASIL, 2012).

A preservação das APP's é de fundamental importância para a manutenção dos recursos hídricos e para a proteção do ecossistema. Embora se saiba da sua importância, o intenso crescimento urbano vem causando impactos negativos nesse ambiente. A degradação ambiental põe em risco o ambiente do planeta e a sobrevivência de seus habitantes. Problemas relativos a

secas, erosões, enchentes, desaparecimento de nascentes e rios, têm sido causados pelos impactos resultantes da destruição do ecossistema original, justificando a necessidade da restauração da antiga vegetação (ALMEIDA, 2000).

Nas APP's, não é permitido a exploração econômica direta (madeira, agricultura ou pecuária), mesmo que com manejo, devendo tais áreas permanecer cobertas por vegetação a fim de cumprir suas funções ambientais.

O Código Florestal estabelece no capítulo 2, art. 4º a delimitação das áreas de preservação permanente:

I - as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de:

- a) 30 (trinta) metros, para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;
- b) 50 (cinquenta) metros, para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;
- c) 100 (cem) metros, para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura;
- d) 200 (duzentos) metros, para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura;
- e) 500 (quinhentos) metros, para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros;

II - as áreas no entorno dos lagos e lagoas naturais, em faixa com largura mínima de:

- a) 100 (cem) metros, em zonas rurais, exceto para o corpo d'água com até 20 (vinte) hectares de superfície, cuja faixa marginal será de 50 (cinquenta) metros;
- b) 30 (trinta) metros, em zonas urbanas;

III - as áreas no entorno dos reservatórios d'água artificiais, decorrentes de barramento ou represamento de cursos d'água naturais, na faixa definida na licença ambiental do empreendimento;

IV - as áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros;

V - as encostas ou partes destas com declividade superior a 45°, equivalente a 100% (cem por cento) na linha de maior declive;

VI - as restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues;

VII - os manguezais, em toda a sua extensão;

VIII - as bordas dos tabuleiros ou chapadas, até a linha de ruptura do relevo, em faixa nunca inferior a 100 (cem) metros em projeções horizontais;

IX - no topo de morros, montes, montanhas e serras, com altura mínima de 100 (cem) metros e inclinação média maior que 25°, as áreas delimitadas a

partir da curva de nível correspondente a 2/3 (dois terços) da altura mínima da elevação sempre em relação à base, sendo está definida pelo plano horizontal determinado por planície ou espelho d'água adjacente ou, nos relevos ondulados, pela cota do ponto de sela mais próximo da elevação;

X - as áreas em altitude superior a 1.800 (mil e oitocentos) metros, qualquer que seja a vegetação;

XI - em veredas, a faixa marginal, em projeção horizontal, com largura mínima de 50 (cinquenta) metros, a partir do espaço permanentemente brejoso e encharcado (BRASIL, 2012).

As APP's possuem uma função extremamente fundamental para o ecossistema, servindo como corredores ecológicos, favorecendo a dispersão de sementes, troca gênica entre as espécies e o deslocamento da fauna. Segundo Zafani (2020), a degradação das matas ciliares causa diversos danos ao meio ambiente, acarretando vários casos o assoreamento de cursos d'água. O assoreamento é um fator crítico para os cursos d'água, já que, por sua vez, altera toda a característica daquela área, afetando diretamente o ecossistema local.

Já as nascentes, são um dos ambientes mais afetados pelo assoreamento, pois devido ao arraste de sedimentos causado pelas chuvas são depositados nos olhos d'água, afetando a qualidade da água ou até mesmo no soterramento das nascentes. A APP bem preservada auxilia na retenção desses sólidos, evitando que os sedimentos cheguem no curso d'água.

3.3 Nascentes e seus cuidados

Entende-se como nascente a afloração de água advinda do lençol freático, criando cursos de água de pequenas e grandes extensões. De acordo com a Resolução Conama nº 303 de março de 2002, nascente pode ser definida da seguinte forma:

II - nascente ou olho d'água: local onde aflora naturalmente, mesmo que de forma intermitente, a água subterrânea (CONAMA, 2002).

As nascentes podem ser classificadas de três formas, perenes, intermitentes e efêmeras. Segundo Machado e Soares (2018):

Se perene, a nascente deverá se manifestar durante o ano inteiro (período chuvoso e seco) com vazões que podem ser alteradas (ampliadas ou reduzidas), ou seja, com vazões disponíveis ao longo do tempo. Se intermitente, a manifestação da nascente ocorrerá apenas no período chuvoso, o que significa que no período seco não haverá o fluxo de água (hídrico). Quando temporárias (Efêmeras), as nascentes apresentarão vazões vinculadas diretamente às precipitações, identificadas principalmente nas nascentes de regiões áridas ou semiáridas.

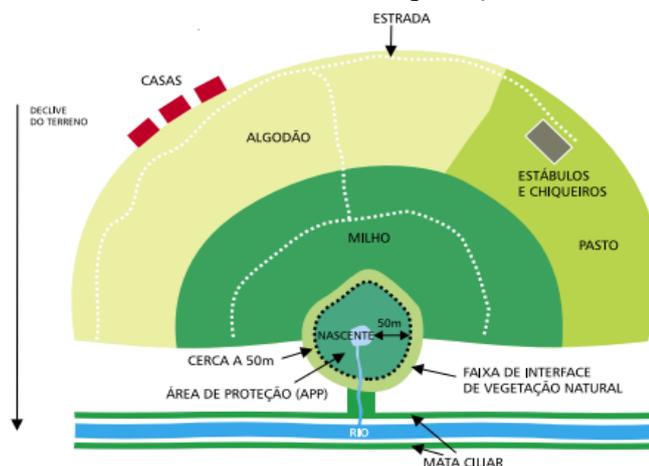
A área onde a nascente aflora deve ser preservada, a fim de proteger essas formações e manter a qualidade da água. Cabe ressaltar que as nascentes estão protegidas pela Lei Federal nº 12.651/12, que em seu art. 4º diz que:

IV - as áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros (BRASIL, 2012).

A presença de vegetação no entorno das nascentes é extremamente importante para evitar erosões. Segundo Cogo, Levien e Schwarz (2003), a existência de cobertura vegetal diminui o impacto da erosão hídrica por decorrência da dissipação de energia cinética das gotas de chuva, reduzindo a quebra da estrutura do solo. Além disso, ao evitar que o impacto da chuva desagregue o solo, a cobertura vegetal faz com que a água infiltre, abastecendo o lençol freático e, conseqüentemente, recarregando as nascentes. Por outro lado, as matas ciliares têm passado por um processo de redução por consequência do uso das terras para agricultura.

O parcelamento do solo, como descrito na Figura 1, é um fator que está diretamente ligado a qualidade das nascentes. Propriedades que possuem culturas ou animais próximos a essas áreas, correm riscos de contaminar a água da nascente, tanto por agentes patogênicos (decorrentes das fezes de animais) quanto por utilização de produtos químicos nas lavouras. A divisão adequada das parcelas do solo, o cercamento e a boa cobertura vegetal nas APP's, garantem as características ideais para se ter uma nascente preservada. Segundo Calheiros *et al.* (2004), a proteção das APP's de nascentes deve ser realizada através de cercamento, garantindo com que pessoas, veículos e animais, não adentrem a área, evitando que causem impactos ao ambiente.

Figura 1 – Parcelamento do solo e limites de proteção das APP's de nascentes.



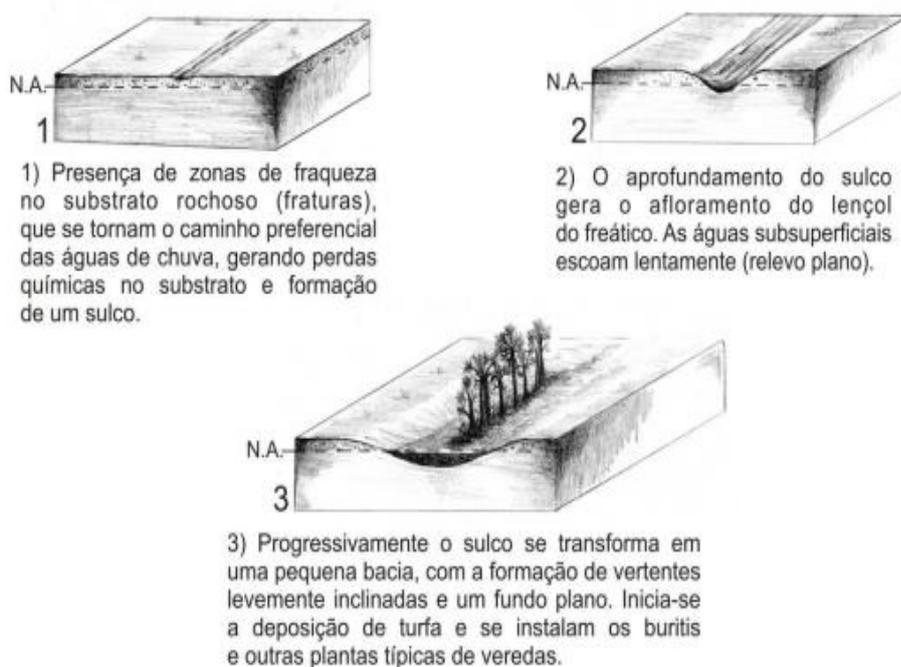
Fonte: Calheiros *et al.* (2004).

O parcelamento adequado de propriedades rurais, auxilia no desenvolvimento rural sustentável, pois delimita áreas para atividades econômicas sem prejudicar o meio ambiente. Por sua vez, segundo Soares e Espindola (2012), o parcelamento desordenado causa impactos negativos para atividades econômicas e sociais, além dos diversos danos ao meio ambiente.

3.4 Veredas e sua importância para o cerrado

Veredas pode ser compreendida como uma área úmida, contendo nascentes ou cabeceiras de cursos d'água, com ocorrência de solos hidromórficos, tendo como características do seu ambiente a presença de buritis (FERREIRA, 2008). Segundo Ribeiro e Walter (1998), as Veredas ocupam vales ou áreas planas acompanhando as linhas de drenagem mal definidas, sendo encontradas facilmente em solos hidromórficos. Segundo Cassino (2011), as veredas são formadas a partir da ocorrência do extravasamento do lençol freático em locais de relevo plano, conforme apresentado na Figura 2.

Figura 2 – Gênese das Veredas.



Fonte: Cassino (2011).

Para López (2009), as veredas possuem um papel fundamental no equilíbrio da fauna terrestre e aquática do Cerrado, servindo de corredores naturais para circulação de espécies e garantindo a perenização dos cursos d'água.

As Veredas são protegidas pela Lei Federal nº 12.651 de maio de 2012, a qual define áreas para sua preservação, conforme descrito em seu art. 4º:

Art. 4º Considera-se Área de Preservação Permanente, em zonas rurais ou urbanas, para os efeitos desta Lei:

XI - em veredas, a faixa marginal, em projeção horizontal, com largura mínima de 50 (cinquenta) metros, a partir do espaço permanentemente brejoso e encharcado (BRASIL, 2012).

Vale ressaltar que o Código Florestal Brasileiro define limites de proteção para áreas consolidadas, conforme o art. 61-A:

§ 7º Nos casos de áreas rurais consolidadas em veredas, será obrigatória a recomposição das faixas marginais, em projeção horizontal, delimitadas a partir do espaço brejoso e encharcado, de largura mínima de:

I - 30 (trinta) metros, para imóveis rurais com área de até 4 (quatro) módulos fiscais; e

II - 50 (cinquenta) metros, para imóveis rurais com área superior a 4 (quatro) módulos fiscais (BRASIL, 2012).

Embora se saiba da importância das Veredas e da legislação que a tange, esse ambiente natural ainda sofre constantemente interferências das ações antrópicas. Segundo Ferreira, Veredas e Troppmair (2005), tempos atrás, no período da ocupação do Cerrado, as Veredas eram vistas como áreas sem funcionalidade devido ao seu caráter brejoso. O ambiente em questão sofreu e ainda sofre por esse fator histórico-cultural, sendo frequentemente afetado por queimadas, agricultura e formação de pastagens. Além disso, proprietários rurais realizam barramento nas Veredas para serem utilizadas na irrigação.

Atualmente se sabe que as veredas foram muito exploradas no passado e não demonstraram ser áreas produtivas, principalmente por apresentar solos hidromórficos e pobres em nutrientes. Várias culturas foram cultivadas e não tiveram sucesso na sua produção, além do fato de ser um ambiente peculiar no cerrado, chegando a ser considerado pelas comunidades tradicionais como “oásis”. Daí o cuidado e o alto rigor preservacionista que o Código Florestal instituiu a este ambiente tão rico e sensível a qualquer intervenção antrópica.

3.5 Recursos Hídricos

A água é um recurso natural limitado, indispensável para as atividades econômicas e essencial para a qualidade de vida da sociedade. Segundo Rebouças (2006), o termo “água” indica o elemento natural desassociado de qualquer forma de utilização, já o termo “recurso

hídrico” é compreendido como a parte da água capaz de ser utilizada, ou seja, é a consideração da água como um bem valorizado economicamente. Pereira Júnior (2004) define os recursos hídricos como a parcela de água doce acessível à humanidade, no estágio tecnológico atual e a custos compatíveis com seus diversos usos. Os recursos hídricos podem ser entendidos como as águas superficiais e subterrâneas disponíveis para uso humano.

No Brasil, a abundância de recursos hídricos parece ter levado à falsa percepção de serem recursos infinitos, que podem ser usados livremente e desperdiçados, contudo, há enormes desigualdades regionais em termos de disponibilidade de recursos hídricos (PEREIRA JÚNIOR, 2004).

Para regulamentar e promover o uso múltiplo e sustentável desses recursos em benefício das atuais e futuras gerações foi introduzido no Brasil pela Lei nº 9433/97, também conhecida como a “Lei das Águas”, a Política Nacional de Recursos Hídricos. Nela se determina os principais objetivos, fundamentos e instrumentos de gestão das águas no Brasil, a fim de garantir às atuais e futuras gerações, água em quantidade e qualidade suficientes às suas demandas (BRASIL, 1997).

3.6 Índice de qualidade de água

Índice de qualidade de água (IQA), é uma ferramenta bastante utilizada para avaliar a qualidade de água de diferentes corpos hídricos (ALMEIDA; SCHWARZBOLD, 2003). O IQA foi criado em 1970 nos Estados Unidos pela *National Sanitation Foundation* e, em 1975, foi dado início a utilização pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (ANA, 2021).

O cálculo do IQA constitui de algumas variáveis, nas quais indicam possíveis contaminações dos corpos hídricos por lançamento de esgotos domésticos. O índice tem como princípio avaliar a qualidade das águas, tendo como principal função a garantia dos padrões de potabilidade para abastecimento público (CETESB, 2017).

Segundo Gloria, Horn e Hilgemann (2017), a sugestão de IQA feita pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), é constituída de nove parâmetros, sendo eles: oxigênio dissolvido, pH, demanda bioquímica de oxigênio, nitratos, fosfato total, turbidez, temperatura da água, sólidos totais dissolvidos e coliformes termotolerantes.

A fórmula do IQA é expressa pelo somatório da qualidade individual de cada variável(qi) ponderado pelo peso desta variável na avaliação da variabilidade total da qualidade da água (wi), conforme a equação (ANDRADE *et al.*, 2005):

$$IQA = \sum_{i=1}^n q_i w_i \quad (1.1)$$

Onde:

IQA = Índice de Qualidade das Águas (número entre 0 e 100);

q_i = qualidade do i -ésimo parâmetro, obtido da respectiva curva média de variação de qualidade, em função de sua concentração (número entre 0 e 100);

w_i = peso correspondente ao i -ésimo parâmetro, atribuído em função da sua importância para a qualidade (número entre 0 e 1),

n = número de variáveis constituintes do IQA.

Conforme Andrade *et al.* (2005), o resultado do IQA é determinado em uma escala de 0 a 100. Essa classificação determina qual a usabilidade adequada para a água, sendo destinada para abastecimento público e/ou irrigação. A Tabela 1, apresenta as classes do IQA:

Tabela 1 – Faixa de Qualidade da Água de acordo com IQA.

Categoria	Ponderação
ÓTIMA	$79 < IQA \leq 100$
BOA	$51 < IQA \leq 79$
REGULAR	$36 < IQA \leq 51$
RUIM	$19 < IQA \leq 36$
PÉSSIMA	$IQA \leq 19$

Fonte: CETESB (2017).

3.7 Importância do protocolo de avaliação rápida para proteção dos recursos naturais

O Protocolo de Avaliação Rápida (PAR) é uma ferramenta auxiliar para o estudo de ecossistema lóticos, tendo uma metodologia facilitada, de baixo custo e de alta relevância científica, o que possibilita, através de estudos *in loco*, a determinação do grau de impacto do ambiente estudado (OLIVEIRA; NUNES, 2015).

A avaliação dos recursos naturais através da utilização do PAR é composta por um *check list* que avalia os parâmetros do local de estudo, permitindo a obtenção de informações e a classificação do estado de conservação através de pontos (BIZZO; MENEZES; ANDRADE, 2014). O desenvolvimento e utilização do PAR como instrumento de monitoramento dos recursos naturais exige que os indicadores ambientais sejam elaborados criteriosamente,

levando em consideração diversas características das condições do local de estudo (RODRIGUES; CASTRO, 2008).

A utilização de Protocolos de Avaliação Rápida realizados em outros biomas ou em ambientes que diferenciem significativamente do local estudado deve passar por um processo de readequação, levando em consideração as condições da região de interesse. Para Oliveira, Veloso e Rossoni (2021), a utilização do PAR contribui em diversos aspectos para a gestão dos recursos hídricos, fortalecendo a interação e conscientização individual e coletiva em prol da preservação dos recursos hídricos, além de auxiliar nas ações futuras de mitigação dos impactos ambientais.

O PAR é um instrumento extremamente relevante cientificamente, podendo ser utilizado em diversos monitoramentos ambientais, principalmente em áreas de Veredas, o que auxilia na preservação e conservação desse ambiente natural. O Protocolo de Avaliação Rápida de Veredas é de fácil aplicação, possibilitando o envolvimento de diferentes públicos, tornando-o, assim, um instrumento simples, de baixo custo e útil para o estudo e monitoramento das áreas de Veredas, bem como oferecendo informações importantes sobre o ambiente analisado, principalmente quando é utilizado em conjunto com geotecnologias, a qual permite uma compreensão da fitofisionomia das Veredas, que ainda é pouco pesquisada (MARTINS, 2019).

Embora se saiba da importância da utilização do PAR em ambientes de Veredas, poucos trabalhos foram desenvolvidos neste tema. Para Guimarães (2016):

Embora alguns estudos tenham utilizado os PAR's como instrumentos de avaliação integrada de rios e riachos, obtendo resultados importantes [...] é igualmente necessário que esses instrumentos, de fácil utilização, sejam incorporados às atividades relacionadas à preservação das nascentes em Veredas que são sistemas de suma importância para a manutenção do equilíbrio hidrológico e ambiental, no sentido lato sensu das bacias hidrográficas.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

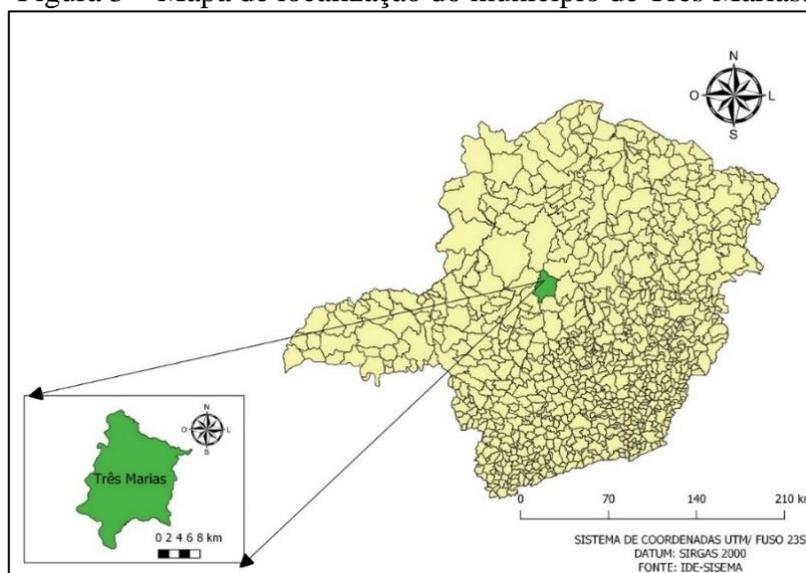
4.1 Características da área de estudo

O município de Três Marias – Minas Gerais (Figura 3) possui área territorial de 2.675 km² e população de 28.318 habitantes, segundo o último censo realizado em 2010 (IBGE, 2010). O município está situado na mesorregião central mineira, tendo como os chapadões sua formação geológica, posicionado nas coordenadas geográficas: Latitude: 45° 15' 50" Sul, Longitude: 18° 15' 12" Leste.

Segundo Gonçalves (2020), a atividade econômica do município provém principalmente da área industrial, se destacando na produção de energia elétrica e zinco. O município possui grandes empresas como Gerdau (Produção de Carvão Vegetal), Nexa Resources (Metalurgia) e CEMIG (Usina Hidrelétrica).

Dentre as diversas Veredas localizadas no município de Três Marias, foram priorizadas as que fazem parte da bacia do Córrego Barreiro Grande. O córrego nasce na Vereda do Mangaba e da Vereda da Vicermina, recebendo afluentes até desaguar no Rio São Francisco. Segundo Oliveira (2007), a área de drenagem total desta bacia é de 16,3 km². A escolha pela área se justifica pela sua importância para a comunidade e pelo fator de degradação possivelmente elevado. O Córrego Barreiro Grande é um símbolo histórico do município, mas, devido à pressão urbana, vem sofrendo diversos impactos negativos.

Figura 3 – Mapa de localização do município de Três Marias.



Fonte: Do autor (2022).

4.1.2 Clima

De acordo com Menezes (2013), o clima do município, segundo a classificação de Köppen, enquadra-se em duas zonas climáticas: Cwa e Aw, sendo caracterizada por um clima temperado branco, com verões quentes, tendo temperatura média no mês mais quente superior a 22°C e inverno branco, com temperatura média do mês mais frio inferior a 18°C. Já a zona Aw possui clima tropical chuvoso, quente e úmido, tendo temperatura média do mês mais frio é sempre superior a 18 °C.

4.1.3 Vegetação e relevo

De acordo com o Plano Municipal de Saneamento Básico de Três Marias (2014), o município possui vegetação predominantemente do cerrado, contudo, devido a qualidade do solo, é possível encontrar formações florestais em algumas regiões. O município de estudo possui áreas com alto teor de umidade, sendo caracterizadas como áreas de veredas. As veredas se originam em solos argilosos e mal drenados, tendo como vegetação predominante em seu entorno o Buriti e agrupamentos de espécies arbustivo-herbáceas.

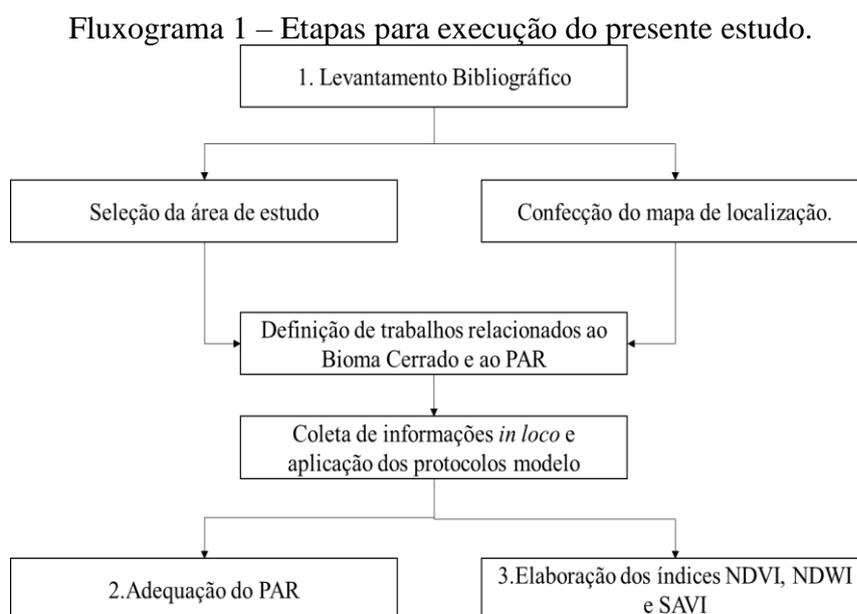
Segundo a Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca (2007), o relevo de Três Marias tem, em sua maior parte, regiões predominantemente montanhosas, tendo áreas variando entre 600 a 1300 metros e com sua declividade superior a 45 graus. Em contrapartida, outras regiões apresentam relevo predominantemente suave ondulado a ondulado, tendo sua altitude variando entre 600 a 650 metros e declividade menor que 25 graus.

4.1.4 Território e meio ambiente

O município de Três Marias – MG apresenta 84.8% de domicílios com esgotamento sanitário adequado, 46% de domicílios urbanos em vias públicas com arborização e 5.5% de domicílios urbanos em vias públicas com urbanização adequada (presença de bueiro, calçada, pavimentação e meio-fio) (IBGE, 2010).

4.2 Fluxograma de execução das atividades

Para a realização do estudo, a metodologia foi distribuída em 3 etapas (Fluxograma 1), sendo cada uma fundamental para a construção da pesquisa com ênfase a elaboração do protocolo de avaliação rápida de veredas e cursos d'água.



Fonte: Do autor (2022).

4.2.1 Levantamento bibliográfico

Inicialmente, pesquisas bibliográficas foram realizadas com objetivo de compreender os aspectos do Bioma Cerrado, características das Veredas e aspectos naturais e sociais do município de Três Marias – MG. Além disso, literaturas nacionais e internacionais a respeito dos Protocolos de Avaliação Rápida foram utilizadas com o propósito de obter parâmetros a serem analisados em campo. A pesquisa bibliográfica a respeito das características do município e sobre o bioma Cerrado contaram com diversos autores, dentre os quais subsidiaram o embasamento científico para a elaboração deste estudo.

Temas relacionados a “cursos d’água do Cerrado”, “Veredas”, “Protocolo de avaliação rápida de cursos d’água”, “impactos antrópicos em cursos d’água”, “nascentes”, “mananciais”, “cobertura vegetal”, “ocupação agrícola e/ou urbana” e “impactos em veredas”, foram utilizados na elaboração deste estudo. Todos esses trabalhos foram obtidos por meio das plataformas Google Acadêmico, Periódicos Capes, EPA (U.S. Environmental Protection Agency) e SciElo (Scientific Electronic Library Online).

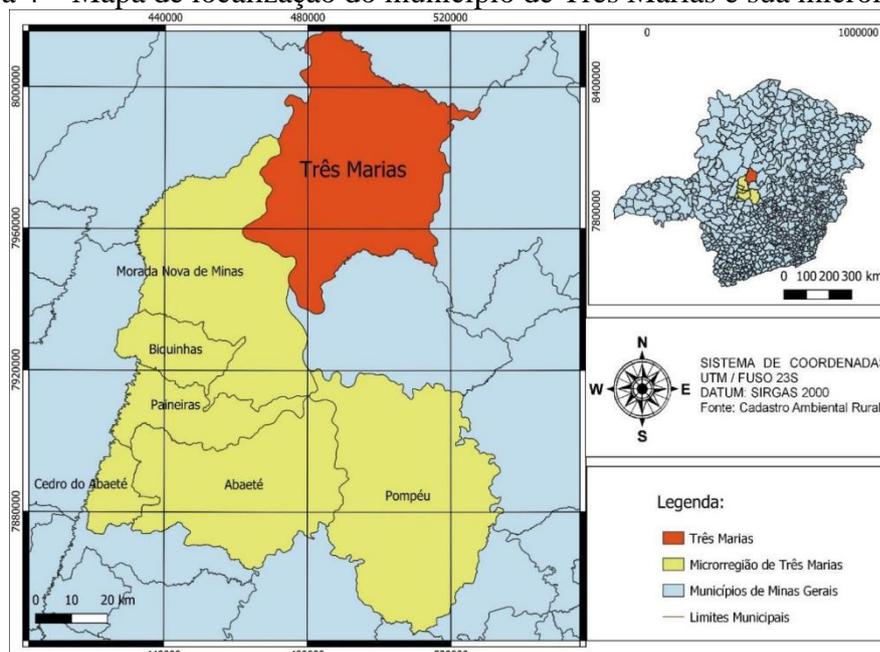
A escolha e caracterização da área de interesse, levou em consideração os aspectos de degradação, proximidades com o meio urbano, relevância para o município e extensão do curso d'água.

Para a escolha do local, foi empregado o uso do *software Google Earth*, que permitiu uma melhor visualização da localidade das Veredas, a área que ela abrange e a proximidade com o meio urbano, servindo como parâmetro para a definição do local de estudo.

Com o auxílio do *software Qgis 3.16.10*, foi realizado a confecção do mapa de localização do município de Três Marias – MG e a área de estudo. A confecção dos mapas contou com os dados disponibilizadas pelas plataformas do Cadastro Ambiental Rural (CAR) e do IDE-SISEMA.

Para realizar a confecção do mapa de Três Marias, foi importado o arquivo *SHP* “MG_Limite_Municipal”. Posteriormente, foi selecionado através da tabela de atributos do *Qgis*, as cidades pertencentes a mesorregião central mineira. Após esse procedimento, com a função “Salvar feições selecionadas”, foram extraídas apenas as cidades de interesse. Com a ferramenta “Geometria” e “Linhas para polígonos”, os arquivos inseridos foram transformados em polígonos, sendo posteriormente coloridos através da caixa de opções “Propriedades da Camada”. Por meio da ferramenta “Projeções”, foi realizada a conversão do arquivo para o DATUM SIRGAS 2000 e, por fim, com a função “Novo Compositor de impressão” foi feito o mapa de localização do município, conforme apresentado na Figura 4.

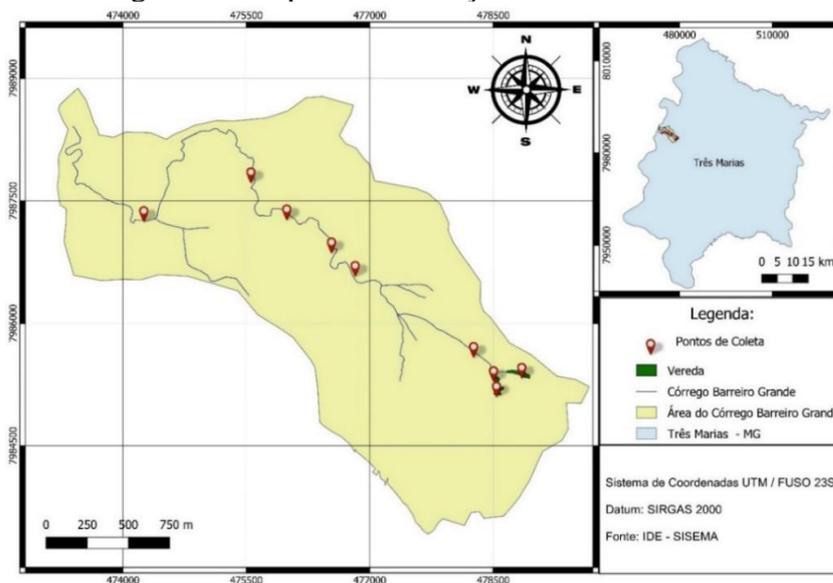
Figura 4 – Mapa de localização do município de Três Marias e sua microrregião.



Fonte: Do autor (2022).

Para a realização do Mapa da área de estudo, foram utilizados os dados disponibilizados no site do IDE-SISEMA. A obtenção do *shapefile* da delimitação do município de Três Marias foi adquirida através da extração da ferramenta tabela de atributos. Posteriormente, com a ferramenta “Geometria” e “Linhas para polígonos”, o vetor do município de Três Marias foi transformado em polígono. Com a utilização da extensão “HCMGIS” do software QGIS, foi selecionado o mapa do *Google Satellite*, para a delimitação da área de estudo e o curso d’água do Córrego Barreiro Grande. A realização da delimitação foi feita utilizando a ferramenta “Nova Camada *Shapefile*”. Através da ferramenta “Projeções”, foi realizada a conversão do arquivo para o DATUM SIRGAS 2000 e, por fim, com a função “Novo Compositor de impressão” foi feito o mapa de localização da área de estudo, no qual pode ser observado na Figura 5. As coordenadas UTM dos pontos de coleta podem ser observados na Tabela 2.

Figura 5 – Mapa de localização da área de estudo.



Fonte: Do autor (2022).

Tabela 2 – Coordenadas UTM dos pontos de estudo.

Pontos	Latitude (UTM)	Longitude (UTM)
Vereda do Mangaba	7985254.3	479124.45
Vereda da Vicermina	7985128.25	478585.22
Ponto 3	7985429.75	478516.66
Ponto 4	7985720.90	478181.30
Ponto 5	7986746.61	476676.04
Ponto 6	7987055.56	476497.78
Ponto 7	7987389.43	475949.86
Ponto 8	7987868.04	475552.64
Ponto 9	7987256.73	474222.74

Fonte: Do autor (2022).

O estudo realizado por Guimarães (2016) foi um dos principais trabalhos utilizados para avaliar o grau de impacto nas Veredas, devido a sua aplicabilidade no ambiente de Cerrado. Para avaliar o grau de impacto dos cursos d'água, as pesquisas de Lobo *et al.* (2011), Lemos *et al.* (2014) e Machado (2019), foram utilizadas.

O trabalho de Guimarães (2016), aborda alguns procedimentos de avaliação rápida de Veredas, já os trabalhos de Lobo *et al.* (2011), Lemos *et al.* (2014) e Machado (2019) tiveram como premissa o desenvolvimento do PAR voltado para ambientes lóticos (rios, riachos e córregos). Os trabalhos em questão permitiram a avaliação mais apurada das características do local e nível de antropização, além de possibilitar a escolha dos parâmetros de adequação do PAR desenvolvido. Ambos os trabalhos serviram de auxílio para as análises *in loco*, precedendo a adequação do PAR.

Com a definição do local de estudo e a definição dos protocolos modelo foi iniciado as visitas *in loco*. O estudo de campo ocorreu em 4 dias (05/02/2022, 06/02/2022, 26/02/2022 e 27/02/2022), sendo coletado informações em 9 pontos ao longo do curso d'água do Córrego Barreiro Grande, cuja coordenadas são demonstradas na Tabela 2. Nos dois primeiros dias da pesquisa objetivou-se atestar os pontos pré-mapeados no mapa de localização e realizar uma verificação visual da estrutura do curso d'água.

As análises de campo contaram com avaliação da qualidade da água, vegetação aquática, mata ciliar, alterações antrópicas, presença de espécies aquáticas e características do curso d'água. Nessa etapa, os estudos realizados por Guimarães (2016), Lobo *et al.* (2011), Lemos *et al.* (2014) e Machado (2019) foram utilizadas como modelo de adequação do PAR, selecionando parâmetros estudados nos respectivos trabalhos para a abordagem de informações *in loco*. Os parâmetros analisados abrangem vários aspectos, sendo a sua utilização muito bem definida através de classificações por pontuações. A avaliação da qualidade da água foi realizada *in loco*, utilizando o equipamento multiparâmetro da Knup modelo KP-AA008, o qual realiza a determinação de Sólidos Totais Dissolvidos, Condutividade elétrica e Temperatura (Figura 6).

Foi introduzido o eletrodo do multiparâmetro na água a ser analisada. Após os valores se estabilizarem, foi realizada a anotação da Temperatura, expressa em Graus Celsius (°C), e da Condutividade Elétrica, medida em $\mu\text{S}/\text{cm}$. Após a leitura desses parâmetros, apertando a tecla "Shift" do medidor, foi realizada a leitura de Sólidos Totais Dissolvidos, medido em partes por milhão (ppm).

Figura 6 – Utilização do medidor multiparâmetro para análise da qualidade da água.



Fonte: Do autor (2022).

O kit de análise de água da Alcon foi utilizado para analisar os seguintes parâmetros: pH, Oxigênio Dissolvido, Amônia total-tóxica, Nitrito e Dureza em Carbonatos.

O método de análise foi realizado por meio de gotejamento dos reagentes, conforme o manual de utilização da Alcon. A forma de coleta da análise de água seguiu os mesmos procedimentos para todos os parâmetros analisados. Assim, foi realizada a submersão da proveta, coletando o volume necessário para realização do estudo (Figura 7).

Figura 7 – Coleta da água a ser analisada.



Fonte: Do autor (2022).

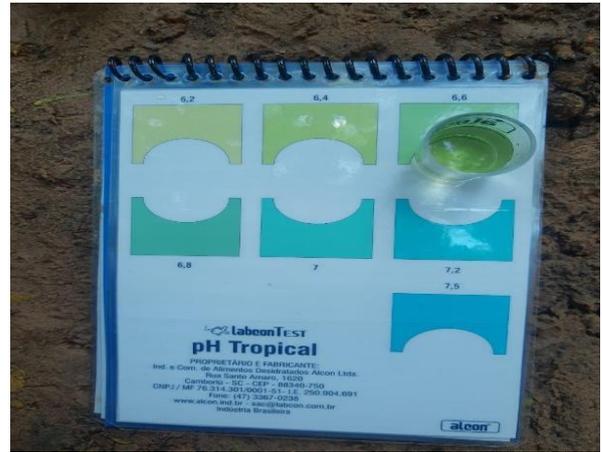
Para o monitoramento do pH, encheu-se a proveta até o menisco e foi gotejado 3 gotas do reagente. Após esses procedimentos a proveta foi tampada e agitada, esperando dois minutos para a leitura do resultado, conforme a escala de cores do manual de utilização.

Figura 8 – Amostra e reagente para determinação do pH.



Fonte: Do autor (2022).

Figura 9 – Determinação dos valores de pH.



Fonte: Do autor (2022).

A determinação dos valores de amônia tóxica foi realizada da mesma forma que o pH, exceto pelo gotejamento do reagente. A análise de nitrito é constituída por dois reagentes, sendo o reagente 1 gotejado 8 vezes. Após o gotejamento do primeiro reagente, a proveta foi tampada e agitada. Posteriormente o reagente 2 foi gotejado 4 vezes. A proveta foi tampada e agitada, esperando três minutos para a leitura do resultado.

Figura 10 – Análise de amônia tóxica.



Fonte: Do autor (2022).

Figura 11 – Determinação dos valores de amônia tóxica.



Fonte: Do autor (2022).

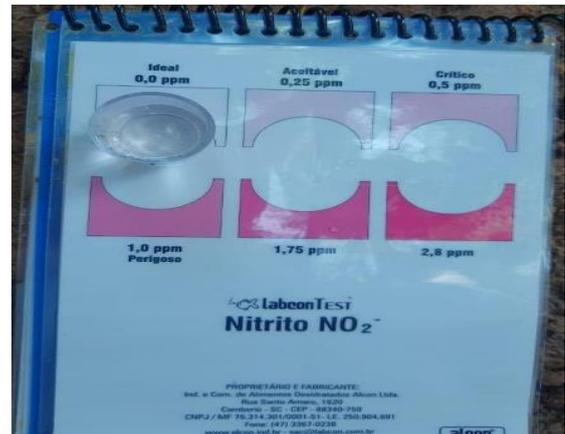
Para a realização do monitoramento de nitrito, encheu-se a proveta até o menisco, e também foi gotejado 2 gotas do reagente. Após esses procedimentos a proveta foi tampada e agitada, esperando dez minutos para a leitura do resultado.

Figura 12 – Análise de nitrito.



Fonte: Do autor (2022).

Figura 13 – Determinação dos valores de nitrito.



Fonte: Do autor (2022).

O método de determinação da Dureza em Carbonatos, seguiu os parâmetros da titulometria. Primeiramente, com a proveta foi coletado 5 ml da água a ser analisada. Posteriormente, foi adicionado o reagente, agitando a proveta a cada gotejamento e observando a coloração formada. No momento em que a coloração da água ficou vermelha, foi registrado o número de gotas utilizadas. Após esses processos, foram realizadas quatro novas repetições, coletando valores de 5 ml e de 10 ml de água. Para amostra de 5 ml, uma gota equivale a 1 grau °dH e para 10 ml, duas gotas equivalem a 1 grau °dH.

Figura 14 – Análise de dureza em carbonatos 5 ml.



Fonte: Do autor (2022).

Figura 15 – Análise de dureza em carbonatos 10 ml.



Fonte: Do autor (2022).

Para a determinação dos valores de Oxigênio Dissolvido, encheu-se a proveta até o menisco e foi gotejado 2 gotas do reagente 1, posteriormente foi adicionado 2 gotas do reagente 2 e por fim 2 gotas do reagente 3. Após cada utilização dos reagentes, a proveta foi tampada e agitada lentamente, para promover a mistura. Após as etapas, foram aguardados cinco minutos para a leitura do resultado, conforme a escala de cores do manual de utilização.

Figura 16 – Análise de oxigênio dissolvido.



Fonte: Do autor (2022).

Figura 17 – Determinação do resultado de oxigênio dissolvido.



Fonte: Do autor (2022).

4.2.2 Adequação do par

Para a adequação do Protocolo de Avaliação Rápida (PAR) tanto para veredas quanto para cursos d'água, foram utilizadas diferentes pesquisas científicas disponibilizadas em sites nacionais e internacionais como Periódicos Capes, EPA (U.S. Environmental Protection Agency) e SciElo (Scientific Eletronic Library Online). Foram selecionados trabalhos que abordam temas relacionados à Avaliação Rápida, com intuito de adaptar o que está disposto na literatura com as áreas de Veredas.

Outros trabalhos foram utilizados no intuito de fornecer bases científicas a respeito de temas relacionados às Veredas, Bioma Cerrado e a área de estudo. As pesquisas auxiliares são fundamentais para subsidiar o embasamento para a adequação de protocolos já existentes.

O PAR desenvolvido utilizou com modelo de adequação o trabalho de Barbour *et al.* (1999). O trabalho em questão aborda vários métodos de avaliação rápida realizados em rios, em que são amplamente utilizados em várias regiões dos Estados Unidos por Agências Ambientais Estaduais (RODRIGUES, 2008).

O trabalho realizado por Barbour *et al.* (1999) foi desenvolvido com o objetivo servir de referência técnica prática para avaliação de sistemas lóticos, sendo um subsídio para implementação de métodos de avaliação biológica rápida, tendo com vantagens de ser um método básico e de baixo custo, auxiliando na caracterização dos impactos nos recursos hídricos, identificação das causas, avaliação da eficácia das atividades de restauração e na caracterização de atributos bióticos regionais.

A pesquisa realizada por Callisto *et al.* (2002), também foi utilizada para o desenvolvimento do PAR, servindo de base para classificação de diversificação de habitats e o nível de preservação do curso d'água. Segundo Callisto *et al.* (2002), a utilização do protocolo na avaliação rápida é uma etapa para manutenção e preservação dos ambientes naturais.

Os trabalhos de Guimarães, Rodrigues e Malafaia (2012) e Gomes, Melo e Vale (2005), foram ambos realizados no Bioma Cerrado, sendo uma pesquisa realizada em Goiás e a outra em Minas Gerais, respectivamente. Sendo assim, ambas pesquisas foram utilizadas como referências para adequação do modelo de PAR desenvolvido neste trabalho. A pesquisa realizada por Guimarães (2016) e o Guia de Avaliação da Qualidade da Água da SOS Mata Atlântica (2011) também foram utilizados para adequação do PAR.

Após as visitas em campo e a pesquisa na literatura, o PAR referente a área de Veredas e outro para curso d'água foi adequado. Os parâmetros das análises foram adequados considerando a condição do local e classificando em pontuações, podendo variar de “Péssima” (pontuação 0), “Regular” (1), “Boa” (2) e “Ótima” (4), sendo definidos de acordo com a condição do ambiente. A metodologia de pontuação seguiu como fundamento outros protocolos já existentes. Para cada parâmetro contido no protocolo de avaliação rápida de veredas, foi definido uma pontuação, conforme descrito no parágrafo anterior. A soma total reflete a condição do local, sendo > 39 para ótimo, de 29 a 38 para boa, de 16 a 28 para regular e 0 a 15 para péssima. O método adotado foi o da ponderação e grau de relevância para os critérios analisados, ou seja, para cada parâmetro avaliado foi considerado o fator de qualidade do ambiente condizente com a classificação do local.

Para o protocolo de avaliação rápida de cursos d'água, o critério de classificação teve como premissa os pesos em cada parâmetro avaliado e a correlação entre eles, sendo então definidos como > 48 pontos para ótimo, de 38 a 47 para boa, de 25 a 37 para regular e 0 a 24 para péssima.

4.2.3 Elaboração dos índices NDVI, NDWI e SAVI

A coleta de dados para a realização do estudo por meio de imagens de satélites foi feita através do site USGS, no qual permite ter uma gama de imagens de alta resolução espacial, favorecendo um estudo mais detalhado dos parâmetros analisados. Com as imagens, foi possível criar relações entre dados de amostragem em campo e dados espaciais, cruzando informações e elaborando técnicas para facilitar a identificação de uma área afetada por ações antrópicas.

O processamento das imagens contou com informações do Satélite Landsat 8-9 OLI/TIRS Collection 2 Level-1. O Landsat 9 juntou-se ao Landsat 8, substituindo o Landsat 7, a combinação entre os dois revisita o tempo para coleta de dados a cada 8 dias, além de ser radiometricamente e geometricamente melhor do que os outros Landsats (NASA, 2021).

Para elaboração dos índices NDVI, NDWI e SAVI, utilizou-se imagens do satélite Landsat 8-9 do ano de 2014 e 2022, sendo coletadas na mesma época do ano. Conforme Braz, Águas e Garcia (2015), para minimizar os efeitos provenientes da sazonalidade, as imagens devem ser obtidas em épocas correspondentes, para que os fatores determinantes às respostas espectrais da vegetação não sofram interferências advindas de questões naturais.

Antecedendo a elaboração dos índices, as bandas passaram por correções de reflectância do topo da atmosfera, seguindo como base as fórmulas matemáticas disponibilizadas no site da United Geological Survey (USGS):

$$\rho\lambda' = (M_p \cdot Q_{cal}) + A_p \quad (1.2)$$

Onde:

$\rho\lambda'$ = Reflectância no topo da atmosfera.

M_p = REFLECTANCE_MULT_BAND_x, onde x é o número da banda.

A_p = REFLECTANCE_ADD_BAND_x, onde x é o número da banda.

Q_{cal} = Quantizado e calibrado valores de pixel de produto padrão (DN).

A Reflectância no topo da atmosfera corrigida para o ângulo solar é então descrita pela equação 1.2.1:

$$\rho\lambda = \frac{\rho\lambda'}{\sin \theta_{SE}} \quad (1.2.1)$$

Onde:

$\rho\lambda$ = Reflectância no topo da atmosfera com correção da angulação solar.

θ_{SE} = Ângulo de elevação solar.

Após a correção das bandas, se deu início a elaboração dos índices NDVI, NDWI e SAVI. O índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) é utilizado com sucesso para classificar a distribuição global de vegetação, inferir variabilidades ecológicas e ambientais, produção de fitomassa, radiação fotossintética ativa e a produtividade de culturas (GAMARRA *et al.*, 2016).

O cálculo do índice pode ser expresso de acordo com a fórmula:

$$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{RED}}{\rho_{NIR} + \rho_{RED}} \quad (1.3)$$

Onde: ρ_{RED} é a banda do vermelho e ρ_{NIR} é a banda do infravermelho próximo.

O NDVI varia no intervalo de -1 a 1. Segundo Gameiro *et al.* (2016), imagens que contenham água ou nuvens, apresenta suas variações inferiores a 0. Já o índice da Diferença Normalizada da Água (NDWI), considera e delimita automaticamente as áreas alagadas, através da operação de bandas multiespectrais, cujo valor dos pixels varia de -1 a 1, sendo valores menores do que zero, a não existência de água e valores maiores do que zero, presença de locais úmidos (GIL; PADOVANI; COELHO, 2019).

O cálculo do índice pode ser expresso de acordo com a fórmula:

$$NDWI = \frac{\rho_{GREEN} - \rho_{NIR}}{\rho_{GREEN} + \rho_{NIR}} \quad (1.4)$$

Onde: ρ_{GREEN} é a banda do verde e ρ_{NIR} é a banda do infravermelho próximo.

O Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (Soil-Adjusted Vegetation Index – SAVI) considera as áreas de solo exposto das imagens analisadas, o índice indica quando a superfície não apresenta cobertura vegetal (GAMEIRO *et al.*, 2016).

O cálculo do índice pode ser expresso de acordo com a fórmula:

$$SAVI = \frac{(1 + L) * \rho_{NIR} - \rho_{RED}}{L + \rho_{NIR} + \rho_{RED}} \quad (1.5)$$

L é uma constante denominada de fator de ajuste do índice SAVI, podendo assumir valores de 0,25 a 1, a depender da cobertura do solo. Segundo Huete (1988), L =1 deve ser utilizado para vegetação com baixa densidade, L = 0.5 para vegetação de intermediária densidade e L = 0.2 para regiões de alta densidade.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Adequação do PAR para veredas e cursos d'água

A adequação teve como base trabalhos voltados a esse tema, além de características observadas em campo durante as visitas *in loco*. O critério de classificação teve como premissa os pesos em cada parâmetro avaliado e a correlação entre eles, sendo definidos pela soma dos parâmetros, ou seja, para valores > 39 pontos a classificação é ótima, de 29 a 38 é boa, de 16 a 28 é regular e 0 a 15 é péssima.

O Protocolo de Veredas foi aplicado na Vereda do Mangaba e na Vereda da Vicermina (Tabela 3), ambas fontes de alimentação do Córrego Barreiro Grande. O protocolo foi dividido em 12 parâmetros, conforme a Tabela 3. A adequação e inclusão dos parâmetros do Protocolo de Avaliação Rápida de Veredas e formulação da ficha de campo para aplicação do PAR pode ser observado no Apêndice I.

Tabela 3 – Pontuação dos parâmetros analisados no protocolo de avaliação rápida de veredas.

Parâmetros	Ponto 1 - Vereda do	Ponto 2 - Vereda
	Mangaba	da Vicermina
	Pontuação	
1. Presença de plantas aquáticas	4	1
2. Presença de Buritis	4	2
3. Fauna aquática	4	1
4. Odor da água	4	2
5. APP de Veredas	2	2
6. Lixo	4	4
7. Assoreamento	2	4
8. Impactos Antrópicos nas Margens	4	4
9. Vegetação no entorno da Vereda	1	2
10. Cor da água	4	4
11. Presença de Animais	4	1
12. Impactos Antrópicos nas proximidades da APP	1	2

Fonte: Do autor (2022).

A utilização do protocolo evidenciou que nenhuma das Veredas estudadas apresentaram classificação ótima.

O ponto 1 – Vereda do Mangaba, foi classificado como Bom, totalizando 36 pontos. Ao redor da APP da vereda, há indícios claros de queimadas, sendo retratadas pelo solo e buritis queimados. O fogo em áreas de Veredas prejudica toda a sua estrutura, pois além das chamas afetarem os buritis, também afeta a turfa acumulada no solo, que está presente em profundidades superiores a 2 metros. A intensa degradação dessas áreas pode acarretar o secamento das veredas, devido ao solo turfoso se transformar em arenoso. Ou seja, o solo perde as suas características originais, influenciando negativamente na infiltração da água das chuvas e, conseqüentemente, a recarga do lençol freático.

Foram encontrados pequenos indícios de carreamento de solo para dentro das veredas, sendo esse fato raro, devido à água escorrer lentamente. A área da vereda apresenta limites inferiores ao estipulado por lei, retratando um cenário de ambiente de solo exposto. Os buritis apresentam folhas secas e altura inferior a 12 metros.

Por outro lado, mesmo tendo seu entorno impactado por ações antrópicas, suas características ainda se mantêm, apresentando um bom volume de água que escorre pela calha, há evidências de anfíbios existentes no curso d'água, boa vegetação aquática e sem lixo ao redor de suas margens ou no fundo da vereda.

Figura 18 – Área no entorno da vereda do Mangaba afetada pelo fogo.



Fonte: Do autor (2022).

Figura 19 – Buritis da vereda do mangaba.



Fonte: Do autor (2022).

Figura 20 – Anfíbios existentes na vereda do mangaba.



Fonte: Do autor (2022).

O ponto 2 – Vereda da Vicermina, foi classificado como Boa totalizando 32 pontos. A Vereda apresenta baixa diversificação de fauna aquática, sendo retratado apenas por pequenos insetos existentes em algumas parcelas da vereda. O ambiente possui proximidade com casas, além de existir criação de gado, o qual, em alguns casos, adentra a área da vereda.

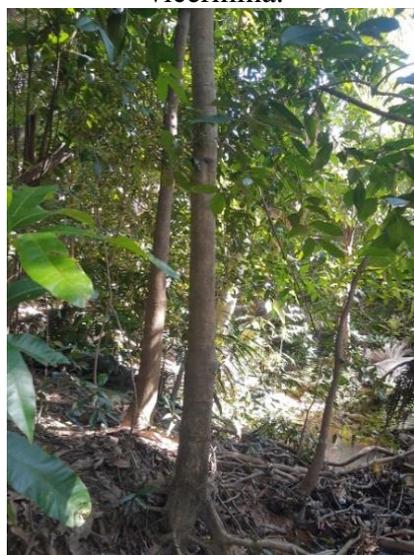
Embora a área da vereda não possua o limite estipulado por lei, ela se mantém com boa estrutura, tendo uma vazão constante, sem indícios de assoreamento, lixo ou de contaminação por esgoto doméstico.

Figura 21 – Buritis da vereda da vicermina.



Fonte: Do autor (2022).

Figura 22 – Vegetação vereda da vicermina.



Fonte: Do autor (2022).

Por meio da aplicação do Protocolo de Avaliação Rápida para Veredas, foi possível constatar que o protocolo apresentou bons resultados, classificando as áreas de Veredas como sendo de boa qualidade. Embora a vegetação da área não atenda o limite estipulado pelo Código Florestal Brasileiro e muito menos pelo Decreto Municipal nº 1.346 1 /2005, que prevê preservação de áreas em 120 metros, o local ainda se mantém íntegro, com boa estruturação do solo, sem presença de lixos, com presença de espécies aquáticas e sem indícios de contaminação da água, conforme análise química realizada.

Após a avaliação das Veredas, foi iniciado o processo de adequação do protocolo de avaliação rápida para cursos d'água. O processo de elaboração se baseou da mesma maneira que o protocolo de veredas, tendo como base trabalhos dispostos na literatura voltados ao tema. O critério de classificação teve como premissa os pesos em cada parâmetro avaliado e a correlação entre eles, sendo então definidos como > 48 pontos para ótimo, de 38 a 47 para boa, de 25 a 37 para regular e 0 a 24 para péssima.

O Protocolo para Cursos d'água foi aplicado em 7 pontos ao longo do Córrego Barreiro Grande. O protocolo foi dividido em 14 parâmetros, conforme a Tabela 4. A adequação do protocolo com a estruturação da ficha de campo para aplicação do PAR pode ser observada no Anexo II.

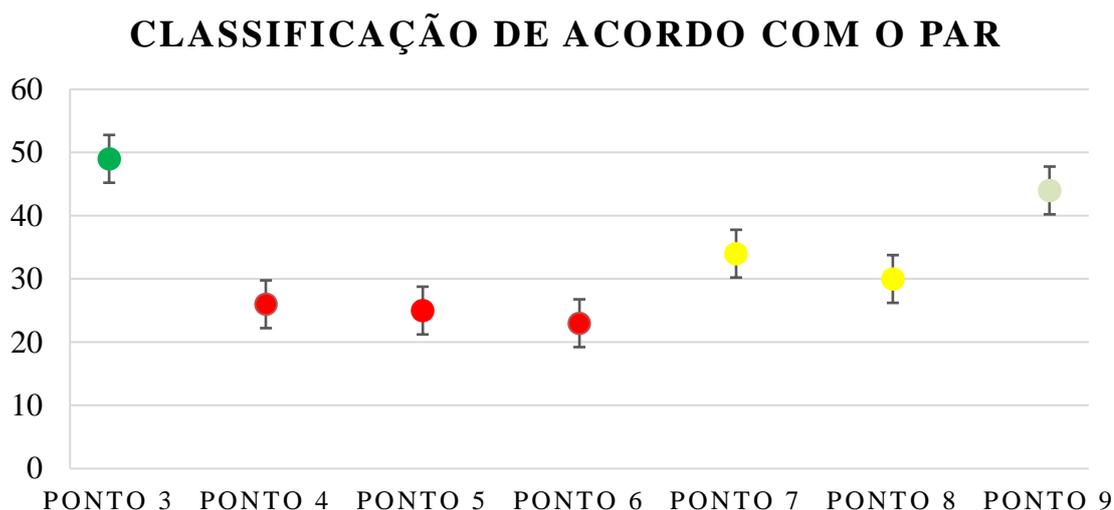
Tabela 4 – Pontuação dos parâmetros analisados no protocolo de avaliação rápida para cursos d'água.

Parâmetros	PONTUAÇÃO						
	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7	Ponto 8	Ponto 9
1. Ocupação nas margens do curso d'água.	4	1	0	0	1	1	2
2. Lixo	4	4	1	0	2	4	2
3. Fauna aquática	1	1	1	1	4	1	4
4. Odor da água	4	2	1	0	2	4	4
5. Presença de plantas aquáticas	4	2	2	2	4	2	2
6. Presença de Animais	4	0	0	4	2	2	4
7. Deposição de Lama	4	2	4	4	4	2	4
8. Tipo de Fundo	2	1	4	2	4	2	2
9. Cor da água	4	4	2	2	2	4	4
10. Erosão	4	0	4	4	4	0	4
11. Sinuosidade do Curso d'água	4	4	2	2	2	2	4
12. Substrato	2	1	2	1	2	1	2

13. Vegetação no entorno Do Curso d'água	4	0	0	1	1	1	2
14. Lançamento de Esgoto	4	4	0	0	0	4	4

Fonte: Do autor (2022).

Gráfico 1 – Classificação de acordo com o par para cursos d'água.



Fonte: Do autor (2022).

A utilização do protocolo para cursos d'água evidenciou que somente o Ponto 3 foi classificado como ótimo, com o total de 49 pontos (Gráfico 1). O local escolhido é a junção das águas da Vereda do Mangaba e Vicermina. O Ponto 3 (figura 23) apresenta uma estrutura arbórea satisfatória, atendendo o limite estipulado pelo Código Florestal Brasileiro para APP's de cursos d'água. Não foi identificado nenhum acúmulo de lixo no entorno, nem a presença de animais ou assoreamento, evidenciando que o local não sofre interferências antrópicas.

Porém, não há uma diversificação da fauna aquática, sendo identificado apenas pequenos grupos de espécies aquáticas. Fato que pode ser explicado pela velocidade da água, não favorecendo a reprodução de espécies que procuram águas mais calmas.

Figura 23 – Avaliação do ponto 3.



Fonte: Do autor (2022).

O Ponto 4 foi classificado como péssimo, com 26 pontos. O local apresenta indícios claros de impactos antrópicos. O curso d'água não possui o limite estimulado por lei para as áreas de APP, além de evidenciar erosões em ambas as margens. As margens são cobertas por pequenos resquícios florestais, sendo a pastagem como ambiente predominante (Figura 24).

As margens do curso d'água evidenciam pisoteio e fezes provenientes de gado, causando odor na água. O local possui baixa diversidade de espécies aquáticas, um fato que pode estar relacionado a falta de diversificação do local e de plantas aquáticas, o que representa um fator importante para a habitação de espécies.

Figura 24 – Margem esquerda ponto 4.



Fonte: Do autor (2022).

Figura 25 – Margem direita ponto 4.



Fonte: Do autor (2022).

O Ponto 5 representa o segundo ponto mais crítico da área de estudo, o local teve 25 pontos de acordo com a aplicação do Protocolo de Avaliação Rápida. A localidade em questão não possui vegetação na margem esquerda, fato causado pela proximidade com casas e a modificação antrópica. Porém, a degradação não se restringe apenas a margem esquerda, mas encontrasse também na direita. A margem direita não apresenta limite satisfatório para APP, sendo interrompida por área de pastagem, onde há a presença de equinos, os quais adentram a área do curso d'água (Figura 27).

No local, há o lançamento de esgoto doméstico, sendo evidenciado por tubulações lançando efluentes de forma intermitente no córrego. Rebouças (2006), em seu trabalho realizado em Três Marias, verificou que o esgoto descartado no Córrego Barreiro Grande possui elevado grau de contaminação, podendo contribuir com amônio, sulfetos, e água de alta condutividade para o Rio São Francisco.

Segundo Trevisan (2012), a determinação dos impactos decorrentes pelo lançamento de esgoto em um curso d'água está intrinsecamente ligado à composição do efluente e suas características, além da capacidade de autodepuração do curso d'água. Sendo assim, esgotos domésticos ou industriais lançados em um curso d'água sem tratamento, pode acarretar diversos impactos, como por exemplo a diminuição da disponibilidade de oxigênio na água.

Com o lançamento de grandes concentrações de resíduos orgânicos nos corpos d'água, o oxigênio dissolvido é reduzido ou até mesmo eliminado. Esse fenômeno é decorrente da decomposição dos resíduos orgânicos por parte dos microrganismos que utilizam do oxigênio para respiração. Sendo assim, quanto maior a concentração desse resíduo orgânico, maior será a proliferação de microrganismos decompositores, o que causa o aumento do consumo de oxigênio, podendo trazer o curso d'água para condições de anaerobiose e causar a morte de peixes (PAULA, 2011).

O lançamento de esgoto doméstico (Figura 26) ou industrial prejudica toda estrutura do local, caracterizando a água com o odor acentuado e de coloração turva. Porém, a degradação do ponto 5, não se restringe apenas à presença de esgoto. O curso d'água apresenta em vários trechos concentrações de lixo e entulho provenientes de construção civil, o que pode acarretar contaminação e assoreamento do curso d'água.

Figura 26 – Lançamento de esgoto ponto 5.



Fonte: Do autor (2022).

Figura 27 – Presença de animais ponto 5.



Fonte: Do autor (2022).

No ponto 6, foi observado uma classificação péssima, sendo o ponto mais crítico da área de estudo. O local apresenta lançamentos predominantes de esgoto sanitário, águas contendo espumas e lixos conforme observado nas figuras 28, 29 e 30, causando um odor fétido ao local, além de prejudicar a habitação de espécies.

A área de preservação permanente do ponto 6 não possui a largura estipulada pelo Código Florestal Brasileiro. Foi observado que algumas residências apresentam distância inferior a três metros das margens do Córrego Barreiro Grande.

O trecho do ponto 6 apresenta uma boa vazão sem estruturas de barramento. Embora seu fundo tenha predominância de areia, ainda é possível visualizar rochas, fato importante para habitação de espécies. Porém, o local apresentou baixa disponibilidade de fauna aquática, sendo encontrados pequenas espécies de insetos.

A degradação do ponto é um fato que pode estar afetando a disponibilidade de espécies. Em ambientes aquáticos, a presença de anfíbios é considerada um bioindicador de qualidade do meio, sendo que, no ponto em questão, não foi possível encontrar. Segundo Verdade, Dixo e Curcio (2010), os anfíbios possuem uma suscetibilidade a alterações no ambiente, tanto físicas como químicas, permitindo indicar as condições do local através da existência de espécies.

Figura 28 – Acúmulo de lixo no ponto 6.



Fonte: Do autor (2022).

Figura 29 – Rompimento na tubulação de esgoto sanitário ponto 6.



Fonte: Do autor (2022).

Figura 30 – Lançamento de água contendo espuma no ponto 6.



Fonte: Do autor (2022).

A qualidade do ambiente tem uma melhora significativa no ponto 7. De acordo com a classificação do local pode-se caracterizar como um ambiente regular, mas ainda distante de ser caracterizado como “bom” ou “ótimo”, registrando 34 pontos.

O ponto 7, apresenta casas muito próximas de suas margens, algumas com aproximadamente 2 metros de distância da margem esquerda (Figura 31). O local possui em sua margem direita pastagem como cobertura do solo, apresentando em alguns pontos vestígios

de presença de equinos. Lançamentos de esgotos e lixos são encontrados no ponto 7, prejudicando a qualidade do meio (Figura 35).

Mesmo evidenciando claramente os impactos antrópicos, o curso d'água ainda possui estrutura relevantes para a manutenção da vida aquática. O fundo do córrego apresenta rochas que promovem agitação do curso d'água, ou seja, aumentando a reaeração. A vazão do córrego e a presença de corredeiras favorecem a redução dos efeitos do lançamento de esgoto, diminuindo a área de autodepuração.

De acordo com Von Sperling (1996), a autodepuração dos rios está intrinsecamente relacionada ao nível de poluição e a capacidade de neutralizar as cargas poluidoras, ou seja, do curso d'água reestabelecer o equilíbrio no meio aquático.

Fato relevante para o local é a presença de peixes no ambiente, evidenciado pela presença de pescadores no local. No ponto 7, foi constatado a presença de peixes da espécie lambari (*Astyanax*) (Figura 33) e traíra (*Hoplias malabaricus*), ambos considerados tolerantes a degradação ambiental. As espécies *Astyanax* e *Hoplias malabaricus* são classificadas, segundo Araújo (1998) e Menni, Gomez e Armengol (1996), como tolerantes a degradação ambiental, papel importante para classificação de espécies bioindicadoras.

O ponto 7 foi o único local da área de estudo a registrar a presença de cágados da família dos *Chelidae* (Figura 34). Cágados são espécies resistentes a alterações antrópicas e conseguem viver em rios poluídos. A grande presença dessas espécies talvez seja proveniente da concentração de lixo orgânico gerado pela população humana e o favorecimento da ausência de competitividade de predadores (BALESTRA *et al.*, 2008).

A traíra é uma espécie com boa resistividade, capaz de sobreviver em ambientes com pouco oxigênio e com variações climáticas (FERNANDES *et al.*, 1994). As traíras são peixes carnívoros que alimentam de espécies menores como os lambaris. No caso dos lambaris, Schulz e Martins Junior (2001) exemplificam em seu trabalho que a espécie é seriamente afetada pela poluição da água, principalmente em sua taxa de reprodução. Porém, os cágados são espécies que tiram seus alimentos de lançamento de esgoto, ou seja, são comuns em áreas que apresenta indícios de contaminação.

O ponto 7 demonstra claramente como os peixes lambaris sobrevivem nesse local. O local apresenta uma manilha, lançando esgoto doméstico in natura no Córrego Barreiro Grande e, por sua vez, os lambaris se concentram em uma área à montante desse lançamento, ou seja, áreas com pouca interferência de contaminação. Já as traíras e os cágados, estão concentrados à jusante do lançamento, o que facilita a reprodução dos lambaris.

Figura 31 – Proximidade das residências no ponto 7.



Fonte: Do autor (2022).

Figura 32 – Acúmulo de lixo nas margens no Ponto 7.



Fonte: Do autor (2022).

Figura 33 – Peixes existentes no córrego no ponto 7.



Fonte: Do autor (2022).

Figura 34 – Cágados existentes no ponto 7.



Fonte: Do autor (2022).

Figura 35 – Lançamento de esgoto no ponto 7.



Fonte: Do autor (2022).

O Ponto 8 apresentou redução de 2 pontos quando comparado ao local anterior. De acordo com o Protocolo Adaptado, o local classifica-se como regular, registrando 30 pontos. O local não apresenta indícios de lançamento de esgoto, presença de lixo ou odor na água. Porém, o ambiente está sofrendo outros impactos que prejudicam significativamente a estrutura do meio.

A área apresenta erosões evidentes nas suas margens, tendo como uma das causas o tipo de cobertura vegetal no entorno. O local é constituído de pastagem em toda a área de preservação permanente, além de possuir vestígios da presença de gado, que pode contribuir com o processo erosivo do ambiente. Os processos erosivos corroboram com a diminuição do nível da água dos cursos d'água, afetando a estabilização de espécies e o depósito de lama no leito do rio.

Figura 36 – Processo erosivo na margem esquerda do ponto 8.



Fonte: Do autor (2022).

Figura 37 – Processo erosivo na margem direita do ponto 8.



Fonte: Do autor (2022).

O último local de estudo foi o ponto 9. De acordo com a aplicação do protocolo adaptado este ponto se encontra com a qualidade boa, registrando um total de 44 pontos. Embora o local tenha apresentado melhoras significativas quando comparado aos outros pontos, ainda assim apresenta alguns impactos antrópicos.

O local não apresenta o limite de APP estipulada por lei, sendo evidenciado através de imagens de satélites focos de queimadas no seu entorno. Mas, mesmo com esse impacto, a área se mantém estável.

No ponto 9 há lixo disperso em alguns locais, possivelmente deixado por pescadores atraídos pelos lambaris contidos no ambiente. Além dos lambaris, o local possui a presença de traíras, as quais encontram ambientes propícios para a reprodução e alimentação.

Figura 38 – Vegetação no entorno das margens no ponto 9.



Fonte: Do autor (2022).

Figura 39 – Lixo dispersos na margem no ponto 9.



Fonte: Do autor (2022).

Figura 40 – Presença de traíra no ponto 9.



Fonte: Do autor (2022).

Percorrendo ao longo do trecho do Córrego Barreiro Grande foi possível constatar que o curso d'água se classifica em situação regular. O que é claramente explicado pelo nível de

degradação que envolve desde áreas com princípios de erosão até locais com lançamento de esgoto *in natura*, o que ficou constatado através das visitas em campo.

A falta de vegetação e a presença de lixo e esgoto é algo predominante no Córrego Barreiro Grande. Embora a cidade tenha evoluído em termos de saneamento básico, em alguns aspectos essa evolução ainda se mostra falha. A principal causa é a falta de conscientização da população, destinando resíduos de maneira errônea em locais inadequados, que por sua vez são carregados para as áreas do córrego, alterando os padrões de estabilidade ecológica do local.

5.2 Análise química da água

Ao longo da área de estudo foram realizadas 29 análises de água, nos quais os parâmetros analisados foram: pH, Oxigênio Dissolvido, Amônia total-tóxica, Nitrito e Dureza em Carbonatos, Sólidos Totais Dissolvidos, Condutividade elétrica e Temperatura.

Em cada ponto estudado foi realizado 3 amostragens, determinando a média de cada parâmetro. Nos pontos 5 e 6, o efluente descartado foi analisado somente uma vez.

Conforme a Tabela 5, é possível verificar os resultados obtidos em cada ponto.

Tabela 5 – Resultado das análises químicas dos pontos amostrados.

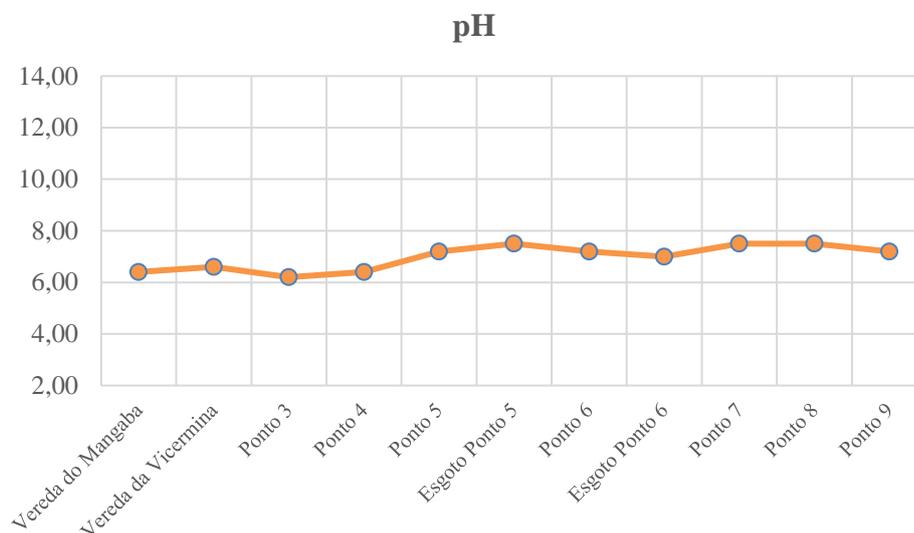
Análise da qualidade da água											
Parâmetros	<i>Vereda do Mangaba</i>	<i>Vereda da Vicermina</i>	<i>Ponto 3</i>	<i>Ponto 4</i>	<i>Ponto 5</i>	<i>Esgoto Ponto 5</i>	<i>Ponto 6</i>	<i>Esgoto Ponto 6</i>	<i>Ponto 7</i>	<i>Ponto 8</i>	<i>Ponto 9</i>
	Valores da média por ponto										
pH	6.4	6.6	6.2	6.4	7.2	7.5	7.2	7	7.5	7.5	7.2
Oxigênio Dissolvido (ppm)	10	8	8	6	6	2	6	1	8	6	6
Amônia total -tóxica (ppm)	0	0	0	0	0.002	0.1667	0.003	0.044	0.007	0.007	0.002
Nitrito (ppm)	0	0	0	0	0	0.25	0	1.75	0	0	0
Dureza em Carbonatos (ppm)	41.76	38.78	53.7	35.8	40.27	382	44.75	214.8	44.75	53.7	89.5
Sólidos Totais Dissolvidos (ppm)	9	20	9	9	22	195	34	268	49	73	96
Condutividade elétrica (µs/cm)	13	36	18	18	44	390	76	554	82	128	185
Temperatura (°C)	26.1	26.3	27.5	30.6	25.6	27.1	27.8	27.8	30.2	29.6	27.6

Fonte: Do autor (2022).

Os parâmetros descritos são fundamentais para monitorar o estresse nos ambientes aquáticos causados pelas atividades antrópicas. Ou seja, ambientes aquáticos com elevadas concentrações de amônia ou nitrito podem causar diversos impactos para o meio, como por

exemplo, a mortandade de espécies ou a redução da taxa reprodutiva, além de causar prejuízos à saúde caso haja ingestão dessa água.

Gráfico 2 – Monitoramento de pH.



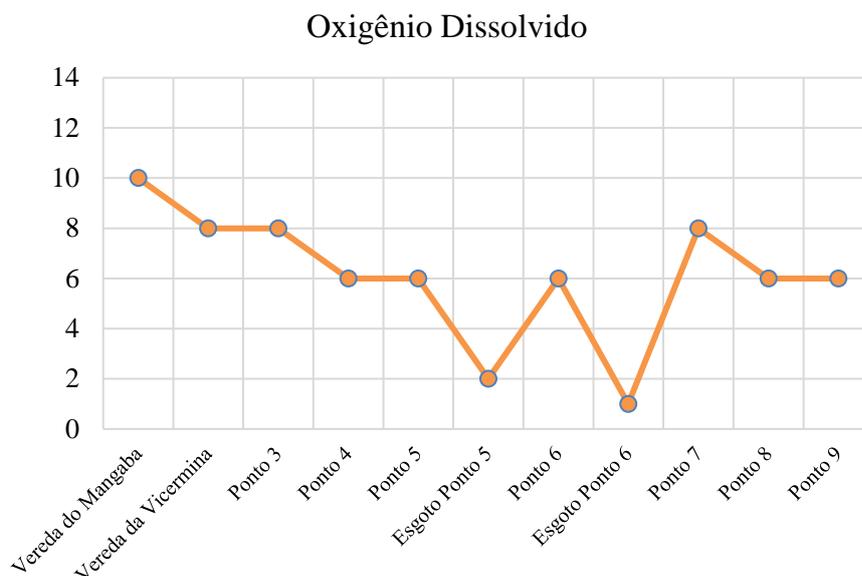
Fonte: Do autor (2022).

De acordo com as análises *in loco*, todas as amostras coletadas apresentaram valores de pH dentro dos limites estipulados pela Resolução COPAM n° 05 de 2008, conforme gráfico 2. O equilíbrio do meio é fundamental para a manutenção da vida aquática, permitindo o desenvolvimento de plantas e de peixes.

A manutenção do pH é algo extremamente relevante para corpos hídricos, pois variações constantes na concentração de pH podem causar mortandade de peixes. Segundo Nascimento, Boijink e Pádua (2007), diversos trabalhos evidenciam que durante o estágio de vida dos peixes, os primeiros momentos são os mais sensíveis, podendo influenciar negativamente o desenvolvimento das espécies.

Arelado ao pH é necessário que o ambiente tenha capacidade ideal de tamponamento, ou seja, que o meio neutralize os ácidos para que evite variações abruptas no pH da água.

Gráfico 3 – Monitoramento de oxigênio dissolvido.



Fonte: Do autor (2022).

Dentre os 11 pontos de amostragem, somente os pontos com concentração de esgoto apresentaram oxigênio dissolvido inferior ao estipulado pela Conama 357/05, que prevê valores não inferiores a 5 mg/l. Sendo o esgoto lançado no ponto 5 com valores de OD de 2 mg/l e o esgoto lançado no ponto 6 com valores de OD de 1 mg/l (Gráfico 3).

O oxigênio dissolvido das águas do ponto 5 e 6 não apresentaram valores ruins devido ao lançamento de esgoto, fato que pode ser explicado pela quantidade de água do córrego em relação ao lançamento de esgoto, ou seja, o córrego “corrige” para as condições normais daquele meio.

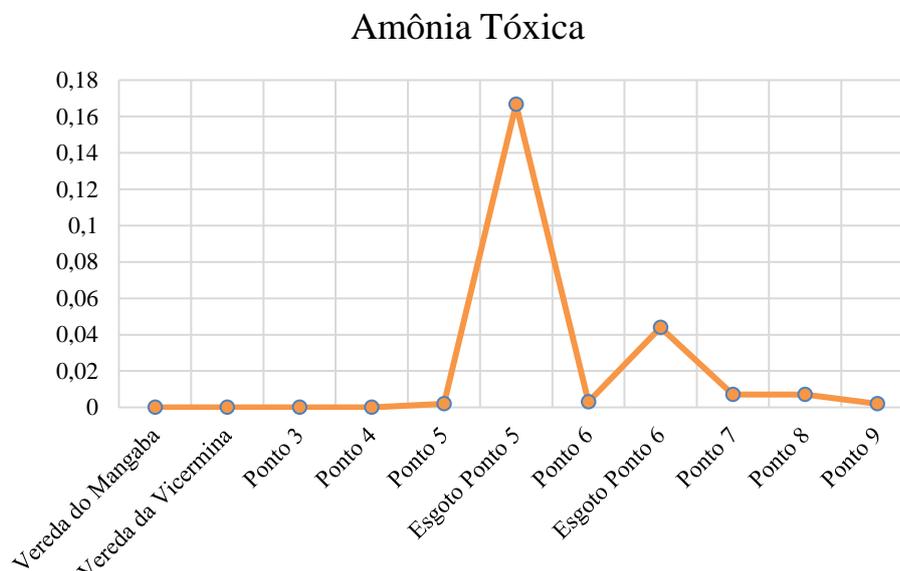
É importante ressaltar que as águas foram coletadas em um período com incidência de chuvas, fato que contribui para a diluição da água, ou seja, os efeitos da contaminação do esgoto no curso d’água pode ser maior durante a seca, devido à vazão e volume da água ser menor durante este período.

O oxigênio dissolvido é um dos componentes mais vitais para a sobrevivência de espécies aquáticas, em caso de valores inferiores a 5 mg/l pode ocorrer a mortandade de peixes. Segundo a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, as águas com elevadas concentrações de esgoto tendem a apresentar baixa concentração de oxigênio dissolvido, já águas eutrofizadas tendem a apresentar oxigênio dissolvido superiores a 10 mg/l durante o dia, devido a fotossíntese realizada pelas algas, porém, durante a noite esses valores reduzem causando a baixa oxigenação da água (ANA, 2015).

Os valores de oxigênio dissolvido para as áreas de veredas se mostraram alto em relação ao estudo de Pereira (2010) e Faxina (2019). Ambos os estudos apresentaram valores inferiores a 5 mg/l, valores que caso fossem enquadrados na Resolução COPAM n° 05 de 2008, estariam classificados como classe III ou IV, que prevê limites não inferiores a 4 mg/l e 2 mg/l respectivamente. Mas esse fato não se aplica para água de Veredas, devido a sua excelente qualidade. Segundo Pereira (2010), a análise de oxigênio dissolvido para águas de veredas não é uma variável eficiente devido a água aflorar de forma subterrânea, onde a presença de oxigênio dissolvido é baixa.

A elevada concentração de oxigênio dissolvido na água das veredas pode ser explicada pelo volume de chuva precipitado durante as visitas *in loco*. O impacto da chuva propicia a turbulência e a entrada de oxigênio na água. Os estudos devem ser realizados em períodos de estiagem para verificação do oxigênio dissolvido, garantindo que a área não tenha interferências externas ou início do processo de eutrofização. Para os pontos coletados ao longo do Córrego Barreiro Grande, os valores se mantiveram de acordo com os parâmetros apresentados nos trabalhos de Orssatto (2008) e Batista *et al.* (2017).

Gráfico 4 – Monitoramento de amônia tóxica.



Fonte: Do autor (2022).

A presença da amônia em corpos d'água é facilmente encontrada devido a degradação de compostos orgânicos e inorgânicos, principalmente em locais que constituem o lançamento de esgoto sanitário (REIS; MENDONÇA, 2009).

Peixes expostos frequentemente a concentrações de amônia tóxica acima de 0,02 mg/l tendem a desenvolver problemas nas brânquias (PEREIRA; MERCANTE, 2018). Os níveis de amônia em água doce crescem caso haja aumento da temperatura e pH.

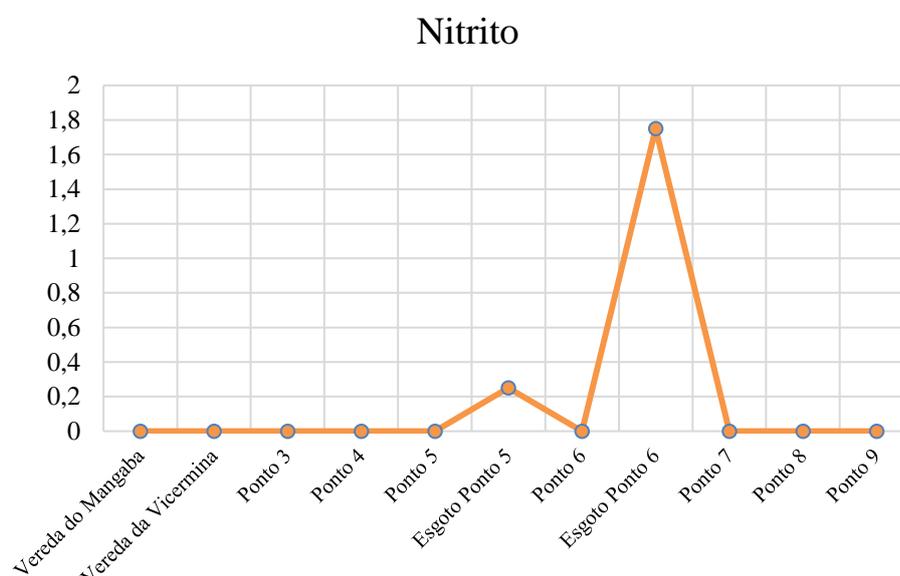
Nos pontos de estudo os valores de amônia se mantiveram satisfatório ao longo do trecho do Córrego Barreiro Grande, exceto pelos lançamentos de esgoto doméstico nos pontos 5 e 6. Os pontos descritos recebem alta concentração de esgoto, contendo elevadas cargas de amônia tóxica, o que prejudica toda a estrutura da fauna aquática (Gráfico 4).

Segundo Trussel (1972), concentrações elevadas de íon amônio podem causar influências na dinâmica do oxigênio dissolvido no meio, devido ao fato de que para oxidar 1 miligrama de íon amônio é necessário 4,3 miligramas de oxigênio.

Relacionando os dados de amônia tóxica com os dados de oxigênio dissolvido para os valores dos esgotos lançados no ponto 5 e 6, é possível constatar que os níveis de amônia nos cursos d'água influenciam seriamente as concentrações de oxigênio dissolvido.

Neste cenário, a concentração elevada de amônia nos esgotos não influenciou a qualidade da água, fato que pode ser explicado pela diluição do efluente ao entrar em contato com a água do córrego e a quantidade de chuvas presentes no período de coleta.

Gráfico 5 – Monitoramento de nitrito.



Fonte: Do autor (2022).

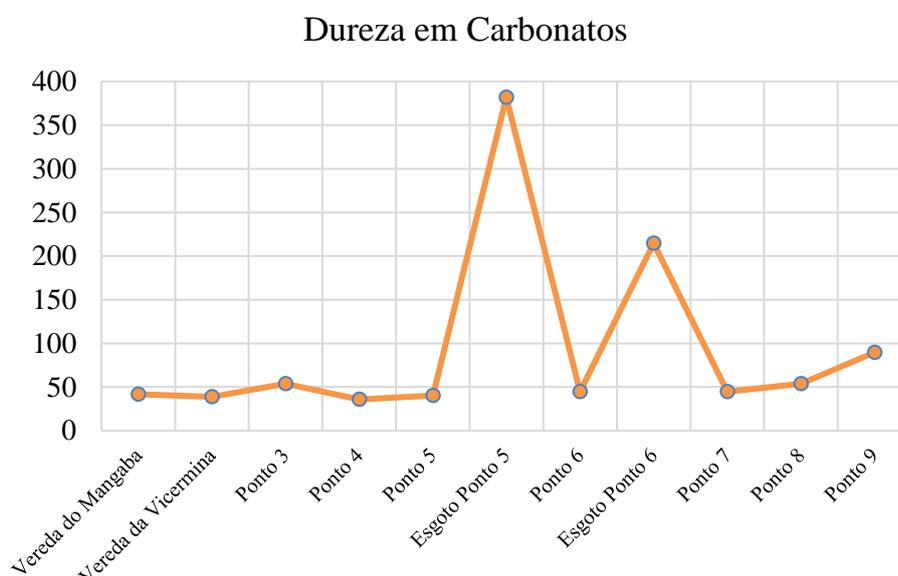
De acordo com a Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021 e Conama 357, o parâmetro máximo de nitrito para consumo humano é de 1 mg/l. A ingestão de águas com

elevada presença de nitrito pode ocasionar metemoglobinemia, principalmente em bebês e pessoas com deficiência enzimática (RAMOS; CAVALHEIRO; CAVALHEIRO, 2006).

Para as espécies de peixes, o nitrito causa diversos efeitos tóxicos, sendo o mais comum a oxidação da hemoglobina causando hipóxia e morte (LIMA, 2005). A aplicação da análise de água constatou que somente o esgoto do ponto 6 tem valores superiores a 1 mg/l, tornando um efluente extremamente prejudicial para o meio. O efluente do ponto 5 também apresentou concentrações de Nitrito, mas algo aceitável em termos de legislação e sobrevivência de peixes.

O efluente lançado no ponto 6, embora tenha alta concentração de nitrito, não altera as condições do local para esse parâmetro (Gráfico 5).

Gráfico 6 – Monitoramento de dureza em carbonatos (ppm).



Fonte: Do autor (2022).

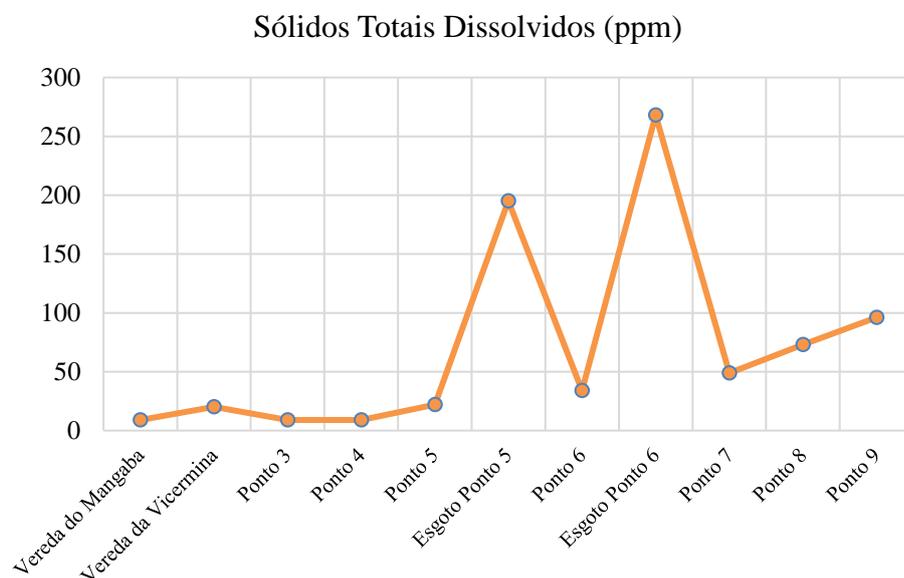
Segundo Pádua (2010), a dureza em carbonatos tem a função de servir como “efeito tampão”, ou seja, a água é capaz de se manter com o pH estável, mesmo havendo adição de ácidos ou bases. Parâmetros para dureza não são determinados na Resolução Conama n°357 ou na Resolução COPAM n° 05 de 2008, mas, segundo estudos, algumas espécies apresentam condições necessárias de sobrevivência ao meio.

Segundo Goldish *et al.* (2014), a espécie *Piaractus mesopotamicus* vive melhor em concentrações de até 122 mg/l de dureza carbonatada, já para o peixe-dourado, a concentração deve ser entre 87,5 e 175 mg/l de dureza carbonatada, favorecendo com que o pH se mantenha. É possível observar uma similaridade entre os pontos de coleta, exceto nos pontos de lançamento de esgoto e o ponto 9. Tal fato pode ser explicado pelo tipo de efluente lançado no

curso d'água, visto que, geralmente efluentes possuem alcalinidades altas devido a presença de silicatos e fosfatos.

Em relação ao ponto 9, próximo ao local há o despejo de efluente tratado por parte da empresa Copasa, o que pode ter relação com o aumento da dureza. O fato é que durante o tratamento de esgoto são adicionados produtos alcalinizantes que podem estar presentes nos efluentes lançados no Córrego Barreiro Grande.

Gráfico 7 – Monitoramento de Sólidos totais dissolvidos (ppm).



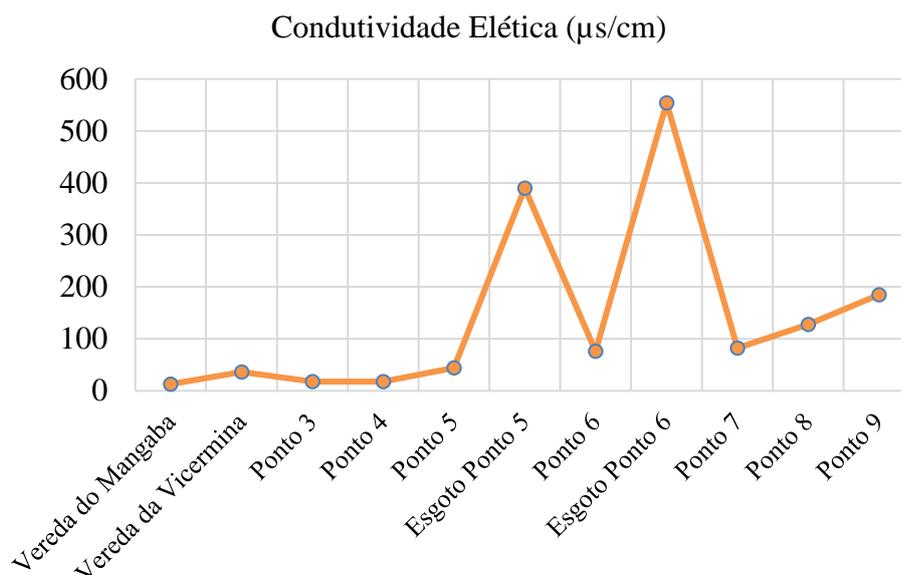
Fonte: Do autor (2022).

A amostragem de sólidos totais dissolvidos encontrados ao longo do Córrego Barreiro Grande variou entre 9 e 268 mg/l (Gráfico 7). Desconsiderando o pico encontrado pelos lançamentos de esgoto, é possível encontrar valores crescentes de sólidos totais dissolvidos. Fato que pode ser explicado pelo carreamento e acúmulo de partículas contendo carbonato, bicarbonato, cloreto, sulfato, fosfato, nitrato, cálcio, magnésio, sódio, íons orgânicos e outros íons.

De acordo com a classes dos cursos d'água estipulado pela Resolução Conama 357/2005, o limite permitido para é de 500 mg/l de sólidos dissolvidos. Sendo assim, todos os pontos coletados demonstram estar respeitando os limites. O parâmetro por si só não compete a autonomia de evidenciar se o ambiente está ou não afetado, mas é um dos parâmetros fundamentais para que isso seja possível.

Os pontos de lançamento de esgoto 5 e 6 demonstram uma elevação nos níveis de sólidos dissolvidos, o que pode ser explicado pela concentração de alguns compostos comuns encontrados no esgoto doméstico. A utilização desse parâmetro é uma das formas de se buscar evidenciar impactos antrópicos causado por despejos irregulares de esgoto.

Gráfico 8 – Monitoramento de condutividade elétrica ($\mu\text{s}/\text{cm}$).



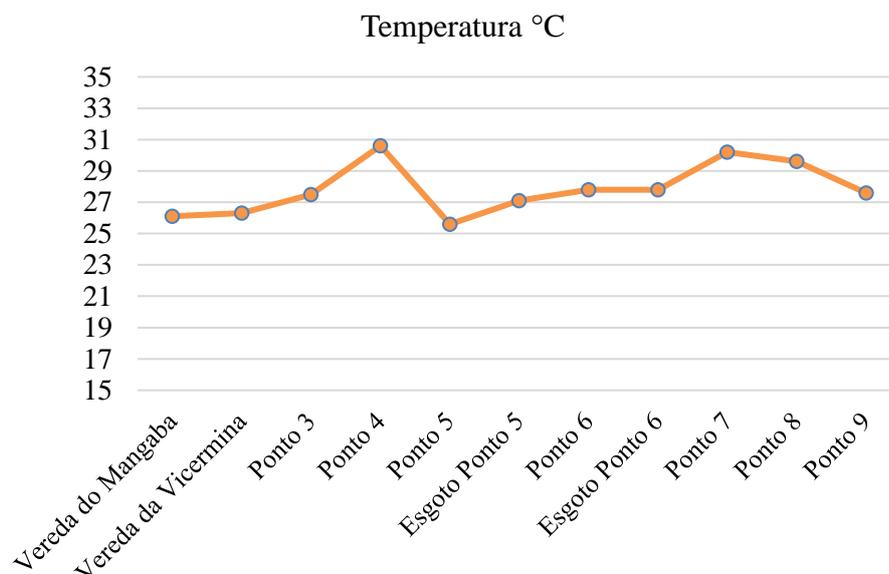
Fonte: Do autor (2022).

Quando comparado o gráfico de sólidos dissolvidos e condutividade elétrica é possível observar uma relação entre os dois parâmetros (Gráfico 8). À medida que a concentração de sólidos aumenta a condutividade também tende a aumentar. A legislação brasileira não estipula um limite para condutividade elétrica, mas de acordo com estudos realizados por Von Sperling (2007), as águas naturais tendem a apresentar condutividade elétrica entre 10 e 100 $\mu\text{s}/\text{cm}$, já as águas com a presença de esgoto doméstico tendem a chegar a valores próximos de 1000 $\mu\text{s}/\text{cm}$.

Os pontos coletados nas áreas de Veredas demonstraram níveis entre 13 e 38 $\mu\text{s}/\text{cm}$, tal fato é condizendo com os limites de águas naturais estipulados por Von Sperling (2007). É notório um pequeno aumento na condutividade elétrica e Sólidos Dissolvidos na Vereda da Vicermina, o que pode ser explicado pela época de chuvas, no qual a mesma lixivia partes do solo e deposita em locais mais baixos, que no caso são os cursos d'água. Nesse caso, a Vereda da Vicermina apresentou valores condizentes para essa época do ano, não demonstrando fragilidade em termos de deposição de sólidos.

Para os pontos coletados no Córrego Barreiro Grande os valores de condutividade demonstram de certa forma crescentes (excluindo valores dos pontos de coleta de esgoto). A condutividade elétrica começou a se elevar no ponto 5 e se encerrou no ponto 9, com elevação superior à 300%. As ações antrópicas têm relações diretas com o aumento da condutividade, pois quando o curso d'água adentra os limites urbanos, lançamentos de esgoto, depósito de lixos e impactos nas APP's são evidenciados. Tal fato pode ser observado pelas amostras de lançamento de esgoto coletadas no ponto 5 e 6. O lançamento de esgoto não causou mudanças instantâneas ao encontrar o curso d'água Córrego Barreiro Grande. Mas favoreceu a acumulação de compostos presentes no efluente, elevando os níveis de condutividade elétrica dos cursos d'água.

Gráfico 9 – Monitoramento de temperatura (°C).



Fonte: Do autor (2022).

O monitoramento da temperatura dos corpos hídricos é um dos parâmetros mais importantes a ser monitorado em um curso d'água. A temperatura influencia diversos parâmetros, como por exemplo oxigênio dissolvido e condutividade elétrica.

A elevação da temperatura no ponto 4 e a diminuição abrupta no ponto 5 pode ser explicada pelo dia e a hora de coleta, ou seja, as amostragens foram realizadas em dois dias subsequentes. A coleta de informações no ponto 4 foi realizada no período de maior temperatura do dia.

As altas temperaturas foi algo notório durante as pesquisas. O ponto 4 e ponto 7 apresentaram altas temperaturas, em algumas ocasiões, foram observadas temperaturas

superiores a 29 °C (Gráfico 9). Esse fato pode ter sido agravado pela falta de mata ciliar e a presença de solo exposto, o que favorece o aquecimento da água pelos raios solares e, conseqüentemente, prejudica a existência de espécies aquáticas no local. Com o aumento da temperatura dos cursos hídricos, as reações químicas ficam mais aceleradas, ocasionando um aumento do consumo de oxigênio dissolvido. Além disso, com o aumento da temperatura, gases são liberados, causando odores desagradáveis, principalmente em locais onde o despejo de esgoto.

As temperaturas encontradas nas águas da Vereda do Mangaba e da Vicermina se mostraram condizentes com o estudo realizado por Oliveira (2007), estando próximas de 26°C.

No município de Três Marias são observadas, em determinadas épocas do ano, altas temperaturas, que são frequentemente acompanhadas de radiação solar incidente acima da média. Este fato contribui para o aumento da temperatura nos ambientes aquáticos. Nos pontos 4, 7 e 8, a cobertura vegetal predominante é a pastagem. A combinação de elevadas temperaturas e a falta de cobertura vegetal nas margens desregula a temperatura dos cursos hídricos, prejudicando a existência de espécies.

Em termos de análise química apenas com os parâmetros estudados e com a ferramenta utilizada, não foi possível constatar alterações diretas no efluente destinado ao córrego, sendo necessário a avaliação de outros parâmetros. Porém, com as informações obtidas foi possível observar que devido a vazão e o volume do córrego, o esgoto lançado é diluído rapidamente, evitando alterações bruscas na área de despejo. Esse fato não exclui os impactos ocasionados no córrego.

Vale ressaltar que, no período de estudo, o volume do córrego estava alto devido ao período de chuvas, no entanto em períodos de estiagem, o impacto do lançamento de esgoto pode se tornar algo relativamente crítico para o ecossistema ali presente. O esgoto lançado no local possui concentrações consideráveis de amônia e nitrito, além de possuir alta condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos. A concentrações desses compostos em cursos d'água pode ocasionar a mortandade de espécies. Além disso, o lançamento de esgoto doméstico pode contribuir com processos de eutrofização do córrego, reduzindo seus níveis de oxigênio dissolvido.

As análises realizadas tiveram como fundamento uma metodologia simplificada, de rápida amostragem, sendo recomendado para trabalhos futuros análises laboratoriais, avaliando os parâmetros estipulados no IQA da Cetesb.

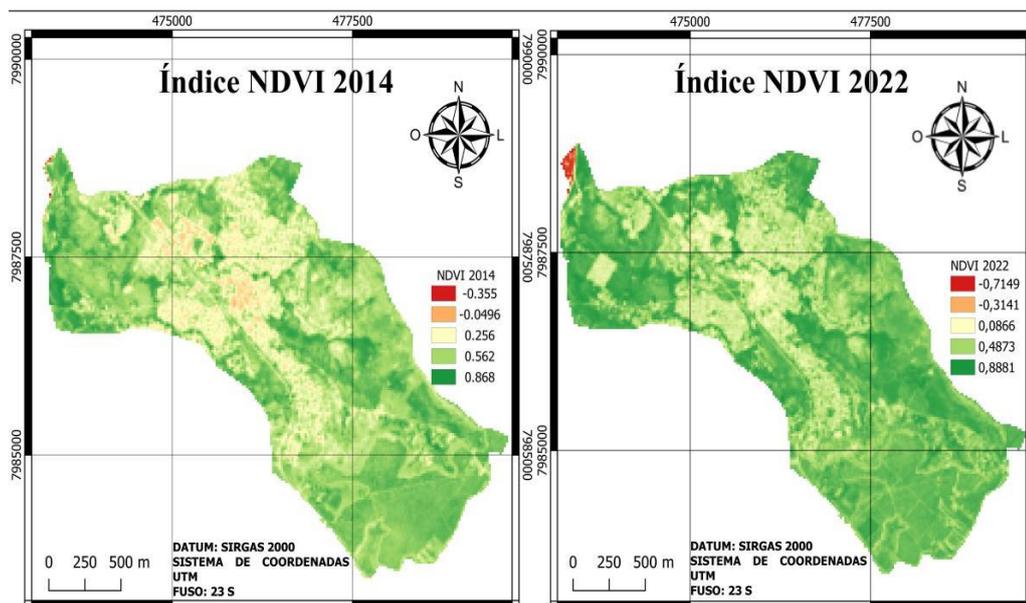
5.3 Índice NDVI, NDWI E SAVI

5.3.1 NDVI

Percebe-se que, no ano de 2022, a área do Córrego Barreiro Grande teve uma melhora significativa no seu índice de vegetação quando comparada ao ano de 2014. Fato importante para essa melhora é o volume precipitado em 2022 em relação à 2014.

Em 2014, o município de Três Marias enfrentou uma severa estiagem, o que reduziu significativamente a disponibilidade de água para as plantas, o que é retratado no índice NDVI do mesmo ano. O índice NDVI para o ano de 2014 variou na escala de -0.355 a 0.868, por outro lado, para o ano de 2022, o NDVI ficou entre -0.7149 a 0.8881. Conforme pode ser observado na figura abaixo.

Figura 41 – Comparação dos índices NDVI do Córrego Barreiro Grande.
MAPA NDVI CÓRREGO BARREIRO GRANDE - TRÊS MARIAS
FONTE: LANDSAT 8-9 OLI



Fonte: Do autor (2022).

A área em vermelho representa presença de água, que na figura representa uma pequena parcela do rio São Francisco. Percebe-se um aumento da área de ocupação das águas, retrato da contribuição das chuvas no mesmo período do ano. O verde escuro representa a vegetação densa, observa-se que no ano de 2014 a imagem apresentou pequenos trechos de vegetação

densa quando comparado ao ano de 2022. Observa-se na tabela 6, a mudança vegetativa quando comparado as imagens do ano de 2014 e 2022.

Tabela 6 – Diferença entre as áreas dos anos de 2014 e 2022 utilizando o NDVI.

Classe	Período de 2014 (ha)	Porcentagem	Período de 2022 (ha)	Porcentagem
Corpos hídricos	0.720	0.05%	0.900	0.06%
Solo exposto	9.09	0.58%	5.31	0.34%
Vegetação escassa	287.01	18.17%	81.27	5.14%
Vegetação Intermediária	553.68	35.04%	531.36	33.63%
Vegetação densa	729.90	46.20%	961.56	60.86%

Fonte: Do autor (2022).

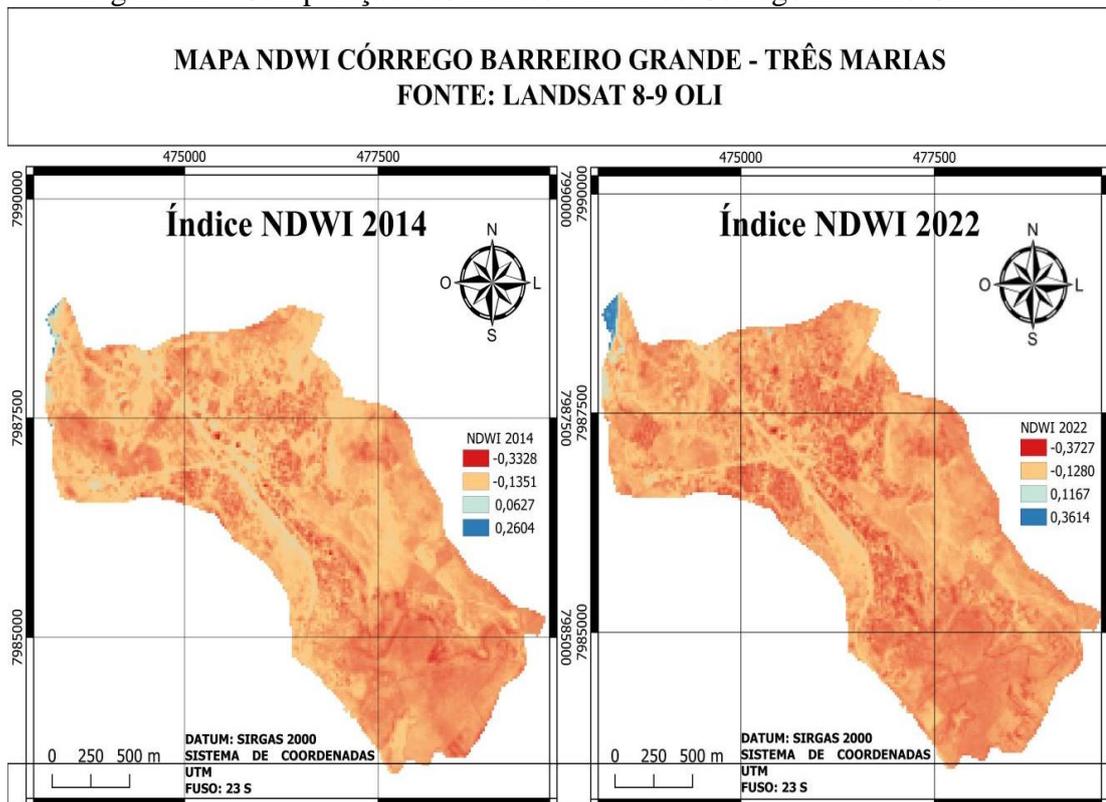
Quando a vegetação densa é comparada, percebe-se um aumento de mais de 30%, demonstrando uma evolução decorrente da chuva nos últimos anos e ações ambientais realizadas no município. Nota-se que a vegetação densa ocupa pouco mais de 60% da área total da bacia do Córrego Barreiro Grande no ano de 2022, um acréscimo de 13.8% quando comparado ao mesmo período do ano de 2014.

Os valores encontrados para o índice NDVI se mostraram parecidos com os apresentados por Neves e Mucida (2020). A pesquisa feita pelos autores foi realizada no Cerrado, encontrando faixas de NDVI entre -0,12848 a 0,53704.

5.3.2 NDWI

Observando as imagens e os índices NDWI (Figura 42) dos anos de 2014 e 2022, é possível notar a evolução da área ocupada pela água. Esta mudança é reflexo das chuvas ocorridas no ano de 2022. O Índice de Água de Diferença Normalizada (NDWI) é um índice muito utilizado e eficiente para caracterizar áreas úmidas. Comparando os dois anos é possível observar que o ano de 2014 teve o índice NDWI variando entre -0.3328 a 0.2604, por outro lado, o ano de 2022 variou de -0.3727 a 0.3614. É notório a discrepância das escalas quando os dois anos são comparados.

Figura 42 – Comparação dos índices NDWI do Córrego Barreiro Grande.



Fonte: Do autor (2022).

O índice NDWI foi dividido em 4 classes, sendo elas superfície com água, umidade, seca moderada e seca.

Tabela 7 – Diferença entre as áreas dos anos de 2014 e 2022 utilizando o NDWI.

Classe	Período de 2014 (ha)	Porcentagem	Período de 2022 (ha)	Porcentagem
Superfície com água	1.71	0.11%	6.30	0.40%
Umidade	4.95	0.31%	4.50	0.28%
Seca moderada	1010.97	63.97%	813.60	51.48%
Seca	562.77	35.61%	756.00	47.84%

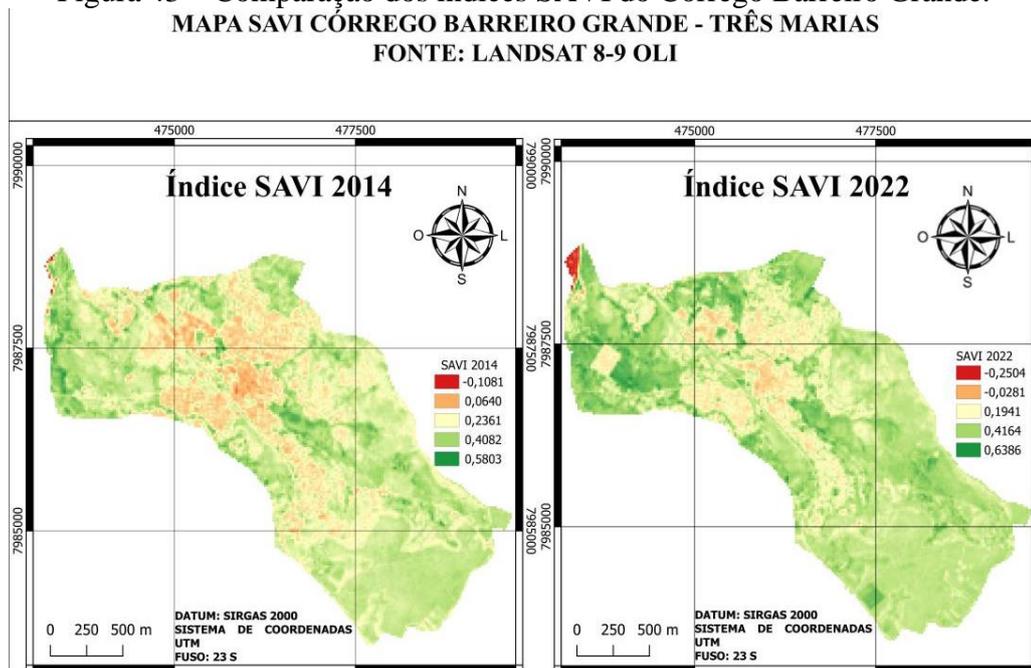
Fonte: Do autor (2022).

Em 2022 os valores da classe “superfície com água” tiveram um acréscimo de 0.29%, quando comparada ao ano de 2014. Essa diferença representa um aumento de 4.59 ha de área coberta por água. Embora o aumento da concentração de água em determinadas áreas tenha aumentado, os valores de áreas com seca também seguiram o mesmo caminho. Em 2022, a diferença para classe de “seca” foi de 12.23%, o que representa uma área de 193.23 ha. Tal fato pode ser explicado pelo aumento das áreas urbanas, e consequentemente áreas pavimentadas.

5.3.3 SAVI

Observa-se semelhança entre os resultados dos índices de NDVI e SAVI, diferenciando apenas pela amplitude dos resultados. O índice SAVI expressou maiores detalhas em regiões de florestas, de solo exposto e de regiões que contêm água. Demonstrando ser um índice de boa eficiência para esse tipo de estudo.

Figura 43 – Comparação dos índices SAVI do Córrego Barreiro Grande.
MAPA SAVI CÓRREGO BARREIRO GRANDE - TRÊS MARIAS
FONTE: LANDSAT 8-9 OLI



Fonte: Do autor (2022).

Segundo Pavão *et al.* (2015), os índices de NDVI e SAVI são relacionados diretamente com a disponibilidade hídrica do solo. Sendo assim, a baixa disponibilidade de água afeta os índices NDVI e SAVI, principalmente em áreas de Cerrado. Os resultados, para o índice SAVI, apresentaram presença maior de vegetação devido ao fator “L”, o que favoreceu na diminuição da resposta espectral do solo. O “L” usado para o cálculo do índice SAVI foi de 0.5.

Tabela 8 – Diferença entre as áreas dos anos de 2014 e 2022 utilizando o SAVI.

Classe	Período de 2014 (ha)	Porcentagem	Período de 2022 (ha)	Porcentagem
Corpos hídricos	1.8	0.11%	5.67	0.37%
Solo exposto	135.27	8.56%	25.20	1.59%
Vegetação escassa	638.37	40.39%	417.60	26.42%
Vegetação Intermediária	755.91	47.83%	980.46	62.04%

Vegetação densa	49.05	3.11%	151.47	9.58%
-----------------	-------	-------	--------	-------

Fonte: Do autor (2022).

Utilizando o índice SAVI, a diferença entre os anos ficou mais evidente. Para a classe de Corpos Hídricos, a diferença entre 2014 e 2022 foi de 0.26%, o que representa 3.87 ha de área ocupada por água. Para a classe de Vegetação densa a diferença é ainda maior, aproximadamente 102 ha, ou seja, de acordo com o índice SAVI, em 2022 a área do Córrego Barreiro Grande apresentou um aumento da classe de “Vegetação densa”, 208,81% quando compara ao ano de 2014.

Embora a área do Córrego Barreiro Grande tenha apresentado uma melhora significativa no seu índice de NDVI e SAVI, ainda é possível ver diversos trechos com pastagens e solo exposto. A inferência de informações apenas utilizando imagens de satélite remete à possibilidade de haver equívocos nas respostas obtidas, visto que, por mais que a tecnologia dos sensores tenham evoluído ao longo dos anos, ainda apresentam interferências em alguns parâmetros, o que afeta a real conclusão da área de estudo.

Imagens de satélite atreladas a visitas *in loco*, agrega um potencial enorme para a geração e análise de dados. Desse modo, as visitas em campo para a elaboração do Protocolo de Avaliação Rápida para as Veredas e Cursos d’água, possibilitaram o cruzamento de informações obtidas através dos índices.

6 CONCLUSÃO

A aplicação do Protocolo de Avaliação Rápida para Veredas e Cursos d'água proposta no presente trabalho se mostrou eficiente cumprindo o objetivo dessa pesquisa. Com base na aplicação do Protocolo de Avaliação Rápida para Veredas foi possível observar que área de preservação permanente é insuficiente para o local, descumprindo o limite estipulado pela legislação ambiental (Código Florestal). Embora o local apresente área de preservação permanente reduzida, ainda sim se mantém em boas condições, com boa estruturação do solo, sem presença de lixos, com presença de espécies aquáticas e sem indícios de contaminação da água, conforme análise química realizada, favorecendo a avaliação.

Com a aplicação do protocolo voltado para os cursos d'água observou-se vários pontos de fragilidade ao longo do Córrego Barreiro Grande, o que varia desde a proximidade de residências até o despejo de esgoto *in natura*, classificando o Córrego Barreiro Grande como “regular”. A concentração de resíduos e falta de área de preservação permanente foram os pontos mais observados durante a aplicação do protocolo, o que indica que o local está sofrendo intensos impactos antrópicos.

Devido à mata ciliar no entorno do curso d'água ser em alguns casos escassa, a temperatura da água tem demonstrado valores altos, o que pode prejudicar a existência de espécies não adaptadas à grandes variações, além de acelerar processos químicos prejudiciais a vida aquática. Embora seja evidente os impactos no córrego, é possível observar espécies bioindicadoras no local, tais como a traíra e o lambari, o que remete às condições ecológicas do local. Alguns bioindicadores não morrem devido a alterações do ambiente, mas tendem a ter alterações em seu comportamento ou metabolismo (PRESTES; VINCENCI, 2019).

Em termos de análise química da água, nenhuma amostra do córrego excedeu os limites da classe do curso d'água, conforme estipulado pela Resolução Conama nº357/05. Porém, o esgoto lançado no local, apresenta concentrações consideráveis de amônia e nitrito, o que pode agravar a situação do córrego nos períodos de seca.

Para as análises dos índices NDVI, NDWI e SAVI, os mesmos apresentaram uma melhora significativa em 2022, possibilitando o entendimento da evolução da vegetação ao longo dos anos e o estágio de degradação no qual o local se encontra. Vale ressaltar que somente imagens de satélite não reflete as condições reais do local, sendo necessário a realização de visitas *in loco*.

O modelo de pesquisa proposta no presente trabalho auxilia no entendimento das fontes antrópicas nas Veredas e Córregos, além de fornecer informações dos pontos mais impactados

pelas interferências humanas. Além disso, o presente trabalho auxilia na gestão municipal, na criação de mecanismos de controle e na preservação dos recursos hídricos. A metodologia proposta favorece a replicabilidade do protocolo em outros locais, devido a facilidade na adequação e a eficiência demonstrada pelos protocolos de avaliação rápida.

Embora a metodologia de elaboração do estudo tenha demonstrado ser eficaz, o fato da pesquisa ter sido realizada em épocas de chuvas, contribuem na melhora de diversos parâmetros do curso d'água. Tal fato pode causar uma melhora momentânea na qualidade da água, ou seja, algo que não reflita realmente as condições do local de estudo. Nesse caso, a aplicação dos protocolos, avaliação química e de imagens de satélite se demonstram necessária para períodos de estiagem, a fim de comparar os efeitos antrópicos nos dois cenários.

Os métodos de análise química da água embora sejam utilizados por diversos autores tais como, Tachibana *et al.* (2018), Paranhos *et al.* (2021) e Silva (2018), necessitam ser validados por meio de análises laboratoriais, a fim de comprovar sua aplicabilidade em diversos tipos de recursos hídricos. Porém, em termos de análise simplificada o teste apresenta bons resultados, conforme estudo realizado por Baumgarten *et al.* (2014).

Recomenda-se para trabalhos futuros, a aplicabilidade da metodologia em dois intervalos distintos ao longo do ano, sendo no período de seca e de chuva, com o propósito de avaliar o comportamento do curso d'água frente aos impactos antrópicos. A necessidade de se validar os testes de análise química também é recomendado, a fim de identificar outras faixas de contaminação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGÊNCIA IBGE. **Censo Agro 2017: resultados preliminares mostram queda de 2,0% no número de estabelecimentos e alta de 5% na área total.** 2018. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/21905-censo-agro-2017-resultados-preliminares-mostram-queda-de-2-0-no-numero-de-estabelecimentos-e-alta-de-5-na-area-total>. Acesso em: 30 nov. 2021.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Indicadores de qualidade - Índice de qualidade das águas (IQA).** 2015. Disponível em: <http://pnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx#>. Acesso em: 30 nov. 2021.
- AGUILAR, A. R.; TRELLES, A. Z. Crecimiento de goldfish, *Carassius auratus*, y lechuga, *Lactuca sativa*, en sistema acuapónico en condiciones de invernadero. **Revista REBIOLEST**, v. 2, n. 2, p. 76-88, 2014.
- ALCONPET. **Linha para peixes: testes.** Disponível em: <http://alconpet.com.br/produtos-por-categoria/testes/peixes>. Acesso em: 11 nov. 2021.
- ALMEIDA, D. S. **Recuperação Ambiental da Mata Atlântica.** Ilhéus: Editus, 2000.
- ALMEIDA, M. A. B.; SCHWARZBOLD, A. Avaliação sazonal da qualidade das águas do Arroio da Cria Montenegro, RS com aplicação de um índice de qualidade de água (IQA). **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 8, n. 1, p. 81-97, 2003.
- ANDRADE, E. M. de *et al.* Índice de qualidade de água, uma proposta para o vale do rio Trussu, Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, v. 36, n. 2, p. 135-142, maio/ago. 2005.
- ARAÚJO, F. G. Adaptação do índice de integridade biótica usando a comunidade de peixes para o rio Paraíba do Sul. **Revista Brasileira de Biologia**. v. 58, n. 4, p. 547-558. 1998. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbbio/a/RLPcQVhXkMNtsCbYtM4LYDc/?lang=pt#:~:text=Uma%20adapta%C3%A7%C3%A3o%20do%20C3%8Dndice%20de,da%20C3%A1gua%20de%20maneira%20segura%2C>. Acesso em: 12 mar. 2022.
- BARBOUR, M.T. *et al.* **Rapid bioassessment protocols for use in wadeable streams and rivers: Periphyton, benthic macroinvertebrates and fish.** US Environmental Protection Agency, Office of Water, 1999.
- BATISTA, D. F. *et al.* Avaliação do oxigênio dissolvido nas águas do ribeirão Paraíso em Jataí-GO e córrego Tamanduá em Iporá-GO. **Caminhos de Geografia**, v. 18, n. 64, p. 296-309, dez. 2017.
- BIZZO, M. R. de O.; MENEZES, J.; ANDRADE, S. F. de. Protocolos de avaliação rápida de rios (PAR). **Caderno de Estudos Geoambientais – CADEGEO**, v. 4, n. 1, p. 5-13, 2014.
- BECKER, B. *et al.* Código Florestal do Rio Grande do Sul e os conflitos com o Novo Código Florestal Brasileiro. **Nativa**, Cuiabá, v. 5, n. 1, p. 47-51, jan./fev. 2017.

BORGES, L. A. C. *et al.* Áreas de preservação permanente na legislação ambiental brasileira. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, p. 1202-1210, jul. 2011.

BRASIL. **Decreto nº 23.793, de 23 de janeiro de 1934.** Código Florestal. Revogado pela Lei 4.771, de 1965. Rio de Janeiro, RJ, 23 jan. 1934. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1930-1949/d23793.htm. Acesso em: 30 nov. 2021.

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012.** Código Florestal. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Brasília, DF, 28 maio 2012.

BRASIL. **Lei nº 13.887, de 17 de outubro de 2019.** Altera a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa e dá outras providências. Brasília, DF, 18 out. 2019.

BRASIL. **Lei nº 4.771 de 15 de setembro de 1965.** Código Florestal. Revogada pela Lei nº 12.651, de 2012. Brasília, DF, 15 set. 1965. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l4771.htm. Acesso em: 30 nov. 2021.

BRASIL, **Lei 9.433, de 08 de janeiro de 1997.** Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasília, jan. 1997.

BRASIL. **Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021.** Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Ministério da Saúde, Brasília, DF, 7 maio 2021.

BRASIL. **Resolução do CONAMA nº 303, de 20 de março de 2002.** Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. Brasília, DF, 20 mar. 2002. Disponível em: <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/bra83865.pdf>. Acesso em: 01 jun. 2021.

BRAZ, A. M.; ÁGUAS, T. de A.; GARCIA, P. H. M. Análise de índices de vegetação NDVI e SAVI e índice de área foliar (IAF) para a comparação da cobertura vegetal na bacia hidrográfica do córrego Ribeirãozinho, município de Selvíria – MS. **Revista Percorso – NEMO**, Maringá, v. 7, n. 2, p. 5-22, 16 dez. 2015.

CALHEIROS, R. de O. *et al.* **Preservação e recuperação das nascentes (de água e de vida).** Piracicaba: Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios PCJ - CTRN, 2004.

CALLISTO, M. *et al.* **Aplicação de um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats em atividade de ensino e pesquisa (MG-RJ).** Acta Limnologica Brasiliensia, v. 14, n. 1, p. 91-98, 2002.

CASSINO, R. F. **Reconstituição da vegetação e do clima do Chapadão dos Gerais durante o Holoceno, a partir da análise palinológica da Vereda Laçador**. 2011. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

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**, Viçosa, v. 27, n. 4, p. 743-753, 2003.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **Apêndice D. Índices de Qualidade das Águas**. São Paulo: CETESB, 2017. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2017/11/Ap%C3%AAndice-D-%C3%8Dndices-de-Qualidade-das-%C3%81guas.pdf>. Acesso em: 18 jun. 2021.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **Apêndice D. Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade**. São Paulo: CETESB, 2013. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2013/11/Ap%C3%AAndice-D-Significado-Ambiental-e-Sanit%C3%A1rio-das-Vari%C3%A1veis-de-Qualidade-29-04-2014.pdf>. Acesso em: 18 jun. 2021.

CORRÊA, B. A. Análise histórica da evolução dos códigos florestais no Brasil. **O Meio Ambiente e A Interface dos Sistemas Social e Natural**, p. 19-25, 10 ago. 2020. Atena Editora.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Pastagens**. Embrapa Agrobiologia. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agrobiologia/pesquisa-e-desenvolvimento/pastagens>. Acesso em: 30 nov. 2021.

ESTADO DE MINAS GERAIS. **Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01, de 05 de maio de 2008**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Belo Horizonte, BH, 13 maio 2008. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=8151>. Acesso em: 11 nov. 2021.

FERNANDES, F. dos S. **Evolução da legislação ambiental brasileira ao longo do tempo e implicações no dimensionamento e implantação de uma Restauração Florestal no Morro da Armação - Niterói**. 2020. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Agrícola e do Meio Ambiente) – Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2020.

FERNANDES, M. N. *et al.* Comparative study of gill dimensions of three erythrinid species in relation to their respiratory function. **Canadian journal of zoology**, v. 72, n. 1, p. 160-165, 1994.

FERREIRA, I. M. Cerrado: classificação geomorfológica de vereda. **IX Simpósio Nacional do Cerrado**, Brasília, DF, 2008.

FERREIRA, I. M.; VEREDAS, O. A. das; TROPMAIR, H. Bioma Cerrado: caracterização do subsistema de Vereda. **Observatório Geográfico de Goiás**, v. 1, n. 1, p. 1-13, 2005.

FERREIRA, I. M. **O afogar das veredas**: uma análise comparativa espacial e temporal das veredas do chapadão de catalão (GO). 2003. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2003.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA. **Guia de Avaliação da Qualidade da Água**. Salvador, 2011. Disponível em: https://cms.sosma.org.br/wp-content/uploads/2011/05/exposicao25_monitoramento-salvador.pdf. Acesso em: 30 nov. 2021.

GAMARRA, R. M. *et al.* Uso do NDVI na análise da estrutura da vegetação e efetividade da proteção de Unidade de Conservação no Cerrado. **Raega-O Espaço Geográfico em Análise**, v. 37, p. 307-332, ago. 2016.

GAMEIRO, S. *et al.* Avaliação da cobertura vegetal por meio de índices de vegetação (NDVI, SAVI e IAF) na Sub-Bacia Hidrográfica do Baixo Jaguaribe, CE. **Terrae**, v. 13, n. 1-2, p. 15-22, 2016.

GARCIA, Y. M. O Código Florestal brasileiro e suas alterações no Congresso Nacional. **Geografia em Atos (Online)**, Presidente Prudente, v. 1, n. 12, p. 54-74, jan./jun. 2012.

GIL, A. P.; PADOVANI, C. R.; COELHO, A. L. N. Comparação entre NDWI e MNDWI para o mapeamento de áreas inundadas no Pantanal do Taquari. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 19., 2019, Santos. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2019.

GLORIA, L. P.; HORN, B. C.; HILGEMANN, M. Avaliação da qualidade da água de bacias hidrográficas através da ferramenta do índice de qualidade da água-IQA. **Caderno pedagógico**, Lajeado, v. 14, n. 1, p. 103-119, 2017.

GOMES, P. M.; MELO, C. de; VALE, V. S. do. Avaliação dos impactos ambientais em nascentes na cidade de Uberlândia-MG: análise macroscópica. **Sociedade & Natureza**, v. 17, n. 32, p. 103-120, jun. 2005.

GONÇALVES, C. C. **Planejamento orçamentário no município de Três Marias-MG: o desafio da captação dos recursos próprios**. 2020. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Administração Pública) – Universidade Federal de Ouro Preto, Três Marias, 2020.

GOVERNO FEDERAL. **Produtividade da agropecuária cresce 3,43% ao ano**. 2019. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/produtividade-da-agropecuaria-cresce-3-43-ao-ano>. Acesso em: 30 nov. 2021.

GUIMARÃES, A. J. M. **Características do solo e da comunidade vegetal em área natural e antropizada de uma vereda na região de Uberlândia, MG**. 1971. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação dos Recursos Naturais) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 1971.

GUIMARÃES, A. **Protocolo de avaliação rápida para o monitoramento de nascentes em Vereda**. 2016. Dissertação (Mestrado em Ambiente e Sociedade) – Universidade Estadual de Goiás, Morrinhos, 2016.

GUIMARÃES, A.; RODRIGUES, A. S. de L.; MALAFAIA, G. Adequação de um protocolo de avaliação rápida de rios para ser usado por estudantes do ensino fundamental. **Revista Ambiente & Água**, v. 7, p. 241-260, 2012.

HUETE, A. R. A soil-adjusted vegetation index (SAVI). **Remote sensing of environment**, v. 25, n. 3, p. 295-309, 1988.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Município de Três Marias – MG**. 2010. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/tres-marias/panorama>. Acesso em: 18 jun. 2021.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE (ICMBio). **Diversidade e abundância de quelônios na bacia do rio São Francisco**. Relatório Técnico das expedições de levantamento dos quelônios na bacia hidrográfica do São Francisco realizadas em 2006 e 2007. ICMBio: Goiânia, 2008.

INSTITUTO INTERNACIONAL DE ECOLOGIA E GERENCIAMENTO AMBIENTAL. **Avaliação das condições físicas, químicas, biológicas e toxicológicas da Represa de Três Marias e do Rio São Francisco (Trecho Represa Três Marias – Rio Abaeté)**. São Carlos: IIEGA, 2005. Disponível em: <http://www.worldfish.org/PPA/PDFs/Semi-Annual%20VI/E-11b.pdf>. Acesso em: 18 jun. 2021.

LE MOS, R. S. *et al.* Elaboração de um protocolo de avaliação rápida de cursos d'água e aplicação em sub-bacias hidrográficas do ribeirão Pampulha, bacia do Rio das Velhas, Minas Gerais–Brasil. **III SEMINÁRIO NACIONAL SOBRE TRATAMENTO DE ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE EM MEIO URBANO E RESTRIÇÕES AMBIENTAIS AO PARCELAMENTO DO SOLO–APPURNANA**. Belém-UFPA, 2014.

LIMA, R. L. de. **Inclusão de sal na ração e a toxicidade do nitrito em alevinos de jundiá (Rhamdia quelen)**. 2005. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

LÓPEZ, C. M. de. **Estudo ecossistêmico em uma vereda na região de Três Marias: com base em indicadores limnológicos e ecomorfológicos**. 2009. Tese (Doutorado em Aquicultura) – Universidade Estadual Paulista (UNESP), Campus de Jaboticabal, Jaboticabal, 2009.

MACHADO, A. P. F. *et al.* **Adaptação de um Protocolo de Avaliação Rápida de Rios e sua utilização como recurso didático em educação ambiental no ensino médio**. 2019. Dissertação (Mestrado em Conservação de Recursos Naturais do Cerrado) – Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí, 2019.

MACHADO, L. C.; SOARES, D. B. Caracterização de Nascentes da Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe em Assentamento Rural. **Revista Geama**, Recife, p. 5-12, abr. 2018.

MARTINS, W. L. **Análise ambiental em áreas de veredas no curso do córrego correntinho, Miracema do Tocantins-TO.** 2019. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Tocantins, Porto Nacional, 2019.

MELO, D. R. de. **Evolução das veredas sob impactos ambientais nos geossistemas planaltos de buritizeiro/MG.** 2008. Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

MENDONÇA, L. E. R. de *et al.* Utilização de sistemas de informações geográficas (Sig) para delimitação e Caracterização morfométrica da microbacia do córrego do Paraíso - Viçosa - MG. **Revista Ceres.** Viçosa, v. 54, n. 311, p. 55-62, 2007. Disponível em: <http://www.ceres.ufv.br/ojs/index.php/ceres/article/view/3204>. Acesso em: 30 nov. 2021.

MENNI, R. C.; GOMEZ, S. E.; ARMENGOL, F. L. Subtle relationships: freshwater fishes and water chemistry in southern South America. **Hydrobiologia**, v. 328, n. 3, p. 173-197, 1996.

MUNICÍPIO DE TRÊS MARIAS. **Decreto nº 1.346 1 /2005.** Regulamenta a Lei Municipal Nº 1.924 de 15 de julho de 2005, que dispõe sobre a política de proteção, conservação e melhoria do meio ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação. Três Marias, 04 de novembro de 2005. Disponível em:

https://www.tresmarias.mg.gov.br/abrir_arquivo.aspx/DECRETO_N_1346_2005?cdLocal=2&arquivo={A71D41EC-6DB7-6ADA-BEBD-4CC86A58EA1E}.pdf#search=preserva%C3%A7%C3%A3o%20permanente. Acesso em: 11 nov. 2021.

NASA. **Landsat 9.** Landsat Science. 2021. Disponível em: <https://landsat.gsfc.nasa.gov/satellites/landsat-9/>. Acesso em: 12 mar. 2022.

NASCIMENTO, T. S. R.; BOIJINK, C. de L.; PÁDUA, D. M. C. Efeito do pH da água no equilíbrio iônico de alevinos de *Piaractus mesopotamicus*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PRODUÇÃO DE PEIXES NATIVOS DE ÁGUA DOCE, 1.; ENCONTRO DE PISCICULTORES DE MATO GROSSO DO SUL, 1., 2007, Dourados. **Anais...** Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste; Corumbá: Embrapa Pantanal, 2007.

NEVES, L. Z.; MUCIDA, D. P. Comparação de índices de vegetação entre imagens CBERS, Landsat e Rapideye para área do Cerrado Brasileiro. **Revista Espinhaço**, v. 9, n. 1, p. 43-51, 2020.

OLIVEIRA, F. M.; NUNES, T. S. Aplicação de protocolo de avaliação rápida para caracterização da qualidade ambiental do manancial de captação (Rio Pequeno) do município de Linhares, ES. **Natureza on-line**, v. 13, n. 2, p. 86-91, 2015.

OLIVEIRA, E. dos S; VELOSO, J. H. P.; ROSSONI, H. A.V. Aplicação do protocolo de avaliação rápida (par) na caracterização da qualidade ambiental de trechos do Rio Piumhi, Minas Gerais-Brasil. **ForScience**, Formiga, 9, n. 2, p. 1-17, jul./dez. 2021.

OLIVEIRA, M. R. de. **Investigações da contaminação por metais pesados da água e do sedimento de corrente nas margens do Rio São Francisco e Tributários, a jusante da represa da CEMIG, no município de Três Marias, Minas Gerais.** 2007. Tese (Doutorado

em Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

MENEZES, Paulo Henrique Bretanha Junker. **Estudo da dinâmica espaço-temporal do fluxo de sedimentos a partir das propriedades ópticas das águas no reservatório de Três Marias** - MG. 2013. xvii, 112 f., il. Tese (Doutorado em Geociências) — Universidade de Brasília, Brasília, 2013.

OLIVEIRA, N. L. de S. de.; FERREIRA, I. M. Análise ambiental das veredas do chapadão de Catalão (GO). **X EREGEO SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOGRAFIA**, Campus Catalão: Universidade Federal de Goiás, 2007.

ORSSATTO, F. Avaliação do oxigênio dissolvido do Córrego Bezerra a montante e a jusante de uma estação de tratamento de esgoto sanitário, Cascavel, Paraná. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 6, n. S1, set. 2008.

PÁDUA, H. B de. **Água** - Parte II. 2010. Infobibos. Disponível em: http://www.infobibos.com/Artigos/2010_2/agua2/index.htm. Acesso em: 17 mar. 2022.

PARANHOS, C. O. *et al.* Transport of killifish *Hypsolebias flagellatus*: effects of salt use and previous feeding in association with transport time. **Journal of Applied Aquaculture**, p. 1-12, 2021.

PAULA, L. M. de. **Avaliação da qualidade da água e autodepuração do rio Jordão, Araguari (MG)**. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, 2011.

PAVÃO, L. L. *et al.* Índices de vegetação, NDVI e SAVI, em áreas de campos naturais e floresta densa em Humaitá-AM nos anos de 2009 e 2010. **Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, João Pessoa, 25 a 29 de abril de 2015, INPE.

PEREIRA JÚNIOR, J. de S. **Recursos Hídricos** - Conceituação e disponibilidade e usos. Consultoria Legislativa da Câmara dos Deputados. Brasília, 2004.

PEREIRA, L.; MERCANTE, C. A amônia nos sistemas de criação de peixes e seus efeitos sobre a qualidade da água. Uma revisão. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 31, n. 1, p. 81-88, 2018.

PEREIRA, S. **Recursos hídricos em veredas do bioma cerrado no estado de Goiás**. 2010. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2010.

PREFEITURA MUNICIPAL DE TRÊS MARIAS (MG). **Plano Municipal de Saneamento Básico**. 2019. Disponível em: <https://coresab.com.br/wp-content/uploads/2019/08/Plano-de-Saneamento-com-timbre.pdf>. Acesso em: 30 nov. 2021.

PRESTES, R. M.; VINCENCI, K. L. Bioindicadores como avaliação de impacto ambiental. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 2, n. 4, p. 1473-1493, 2019.

RAMOS, L. A.; CAVALHEIRO, C. C. S.; CAVALHEIRO, É. T. G. Determinação de nitrito em águas utilizando extrato de flores. **Química Nova**, v. 29, p. 1114-1120, 2006.

REBOUÇAS, A.C. Água doce no mundo e no Brasil. In.: REBOUÇAS, A. da C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. (org.) **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. 3. ed. São Paulo: Escrituras, 2006.

REIS, J. A. T. dos; MENDONÇA, A. S. F. Análise técnica dos novos padrões brasileiros para amônia em efluentes e corpos d'água. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 14, n. 3, p. 353-362, jul./set. 2009.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. (ed.). **Cerrado: ambiente e flora**. Brasília: Embrapa-CPAC, 1998.

RODRIGUES, A. S. de L. **Adequação de um protocolo de avaliação rápida para o monitoramento e avaliação ambiental de cursos d'água inseridos em campos rupestres**. 2008. Dissertação (Mestrado em Ciências Naturais) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2008.

RODRIGUES, A. S. de L.; CASTRO, P. de T. A. Protocolos de avaliação rápida: instrumentos complementares no monitoramento dos recursos hídricos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 13, n. 1, p. 161-170, jan./mar. 2008.

SCHULZ, U.H.; MARTINS-JUNIOR, H. *Astyanax fasciatus* as bioindicator of water pollution of Rio dos Sinos, RS, Brasil. **Brazilian Journal Biology**, v. 61, n. 4, p. 1-8, 2001.

SECRETARIA DE ESTADO DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E ENSINO SUPERIOR DE MINAS GERAIS. **Estudo técnico-científico visando a delimitação de parques aquícolas nos lagos das usinas hidroelétricas de Furnas e Três Marias**. Belo Horizonte: FUNDEP; CETEC, 2007. Disponível em: http://www.rmpceologia.com/projetos/pa_tmfurnas/pdfs/relatorios_seap/relatorio_identific_tres_marias.pdf. Acesso em: 30 nov. 2021.

SILVA, L. C. da. **Efeito da estimulação elétrica de baixa frequência na alimentação e sanidade do Siluriforme Neotropical Surubim (*Pseudoplatystoma sp.*)**. 2018. Tese (Doutorado em Bioquímica e Fisiologia) – Centro de Biociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2018.

SOARES, J. L. N.; ESPINDOLA, C. R. Geotecnologias no planejamento de assentamentos rurais: premissa para o desenvolvimento rural sustentável. **Revista Nera**, Presidente Prudente, n. 12, p. 108-116, 2012.

TACHIBANA, L. *et al.* Stocking density of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fry during sex reversal phase. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 34, n. 4, p. 483 - 488, nov. 2018. Disponível em: <https://www.pesca.sp.gov.br/boletim/index.php/bip/article/view/817>. Acesso em: 22 mar. 2022.

TREVISAN, A. B. **Estudos e modelagem da qualidade da água do Rio Papaquara**. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

TRUSSELL, R. P. The Percent Un-Ionized Ammonia in Aqueous Ammonia Solutions at Different p H Levels and Temperatures. **Journal of the Fisheries Board of Canada**, v. 29, n. 10, p. 1505-1507, 1972.

VERDADE, V. K.; DIXO, M.; CURCIO, F. F. Os riscos de extinção de sapos, rãs e pererecas em decorrência das alterações ambientais. **Estudos avançados**, v. 24, p. 161-172, 2010.
Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/ea/a/Hdyz9RrHQQJH6F3gpKJHskb/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 11 mar. 2022

USGS. **Using the USGS Landsat Level-1 Data Product**. USGS Science for a changing world. Disponível em: <https://www.usgs.gov/landsat-missions/using-usgs-landsat-level-1-data-product>. Acesso em: 30 nov. 2021.

VIEIRA, N. P. A. **Estimativa da evaporação nos reservatórios de Três Marias–MG e Sobradinho–BA**. 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2015.

VON SPERLING, M. **Estudos de modelagem da qualidade da água de rios**. Vol. 7. Belo Horizonte: UFMG, 2007.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Minas Gerais, 1996.

ZAFANI, B. S. **Análise da área de preservação permanente do córrego Machombombo localizado no município de Uruaçu-GO**. 2020. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC-GO), Goiânia, 2020.

WWF. **As mudanças climáticas**. 2014. Disponível em:
https://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/reducao_de_impactos2/clima/mudancas_climaticas2/. Acesso em: 30 nov. 2021.

APÊNDICE

APÊNDICE I – Protocolo de Avaliação Rápida para Veredas

Protocolo de Avaliação Rápida para Veredas				
Local:				
Município:				
Coordenadas UTM:				
Data:				
Condições do tempo:	() Seco () Chuvoso () Nublado			
Parâmetros				
1. Presença de plantas aquáticas	PONTUAÇÃO			
	4 - Ótimo	2 - Bom	1 - Regular	0 - Péssimo
	Vereda com área parcial coberta por plantas aquáticas	Vereda com baixa área coberta por plantas aquáticas	Vereda com área totalmente coberta por plantas aquáticas	Vereda com área ausente de plantas aquáticas
2. Presença de Buritis	PONTUAÇÃO			
	4 - Ótimo	2 - Bom	1 - Regular	0 - Péssimo
	Presença de buritis com estatura média de 12 metros a 15 metros, com cobertura de 5% a 10% e com a presença de estruturas florais ou frutos.	Presença de buritis, de estatura pequena, com cobertura inferior a 5% e com poucas ou ausência de estruturas florais ou frutos.	Observa-se a presença de buritis com estrutura danificada ou sem cobertura.	Grande quantidade de Buritis mortos.
3. Fauna aquática	PONTUAÇÃO			
	4 - Ótimo	2 - Bom	1 - Regular	0 - Péssimo
	Facilidade em observar a presença de insetos, anfíbios ou peixes, na Vereda.	Baixa presença de insetos, anfíbios ou peixes, na Vereda.	Vereda apresenta baixa diversificação e rara visualização das espécies aquáticas	Não se observa qualquer tipo de espécie aquática.
4. Odor da água	PONTUAÇÃO			
	4 - Ótimo	2 - Bom	1 - Regular	0 - Péssimo
	Água apresenta condições inodoras.	Água apresenta odor fraco, perceptível ao se aproximar.	Água apresenta odor moderado perceptível ao se aproximar.	Água com odor forte de ovo podre ou óleo/industrial.
5. APP de Veredas	PONTUAÇÃO			
	4 - Ótimo	2 - Bom	1 - Regular	0 - Péssimo
	Vereda com faixa marginal, em projeção horizontal, com largura maior ou igual a 50m, bem preservada, a partir do limite do espaço brejoso encharcado	Vereda em faixa marginal, com projeção horizontal, com largura menor que 50m, a partir do limite do espaço brejoso encharcado, porém bem preservada.	Vereda com faixa marginal, em projeção horizontal, com largura menor que 50m, a partir do limite do espaço brejoso encharcado, com indícios de degradação	Vereda sem faixa marginal de preservação.
6. Lixo	PONTUAÇÃO			
	4 - Ótimo	2 - Bom	1 - Regular	0 - Péssimo
	Não há lixo no fundo ou nas margens da Vereda	Há baixa quantidade de lixo, sendo disperso em poucos locais	Há um moderado acúmulo de lixo nas margens e no fundo da vereda.	Há um grande acúmulo de lixo no fundo e nas margens da vereda.

	PONTUAÇÃO			
	4 - Ótimo	2 - Bom	1 - Regular	0 - Péssimo
7. Assoreamento	Não há assoreamento na Vereda: sem acúmulo de lama ou areia no fundo da Vereda.	Vereda apresenta algumas áreas com indícios de erosão. Fundo da Vereda apresenta baixo acúmulo de lama ou areia.	Deposição moderada de lama ou areia no fundo da Vereda. Área tem evidências de erosão.	Vereda assoreada, há grande acúmulo de lama e/ou areia, impossibilitando a visibilidade de rochas ou troncos submersos.
8. Impactos Antrópicos nas Margens	PONTUAÇÃO			
	4 - Ótimo	2 - Bom	1 - Regular	0 - Péssimo
	Área não apresenta nenhum indicio de impactos por ações antrópicas.	Área apresenta impactos baixos no nas margens da vereda.	Área evidencia impactos moderados nas margens, decorrente de ações antrópicas (Ex: Lixo, desmatamento).	Área apresenta acentuado grau de degradação, afetando a estrutura da Vereda, causando erosão e soterramento.
9. Vegetação no entorno da Vereda	PONTUAÇÃO			
	4 - Ótimo	2 - Bom	1 - Regular	0 - Péssimo
	Área no entorno da Vereda apresenta abundancia de Vegetação Ripária, sendo superior a 90% do seu entorno.	Área no entorno da Vereda apresenta baixos índices de solo exposto, tendo em sua superfície do entorno de 70% a 90% da Vereda coberta por vegetação.	O local apresenta moderada área de vegetação, representando de 50% a 70% da superfície do entorno da Vereda, havendo o restante das áreas com solo exposto.	Área apresenta menos de 50% de sua área coberta por vegetação, possuindo descontinuidade de sua cobertura vegetal, e indícios claros de interferência por ações antrópicas.
10. Cor da água	PONTUAÇÃO			
	4 - Ótimo	2 - Bom	1 - Regular	0 - Péssimo
	Incolor	Água turva, não apresentando aspectos oleoso ou espumante	Água barrenta, contendo alguma oleosidade ou espuma	Água opaca e com aspecto oleoso
11. Presença de Animais	PONTUAÇÃO			
	4 - Ótimo	2 - Bom	1 - Regular	0 - Péssimo
	Área sem presença de gado ou animais domésticos, evidenciando apenas animais silvestres.	Eventual vestígio de presença de gados no entorno da Vereda (Pegadas e Fezes).	Vestígios de presença de gado na delimitação da APP.	Presença de Gado ou animais domésticos, causando pisoteio na Vereda.
12. Impactos Antrópicos nas proximidades da APP.	PONTUAÇÃO			
	4 - Ótimo	2 - Bom	1 - Regular	0 - Péssimo
	Área não apresenta nenhum indicio de impactos por ações antrópicas.	Área apresenta impactos baixos no entorno da APP (Ex: Pastagem, proximidade com casas).	Área evidencia impactos no entorno da área (Ex: Lixo, Queimadas, Desmatamento, Assoreamento).	Área apresenta acentuado grau de degradação, afetando a mata ciliar.

APÊNDICE II – Protocolo de avaliação rápida para cursos d'água.

Protocolo de Avaliação Rápida para Cursos d'água				
Local:				
Município:				
Coordenadas UTM:				
Data:				
Condições do tempo:	() Seco () Chuvoso () Nublado			
Parâmetros				
1. Ocupação nas margens do curso d'água.	PONTUAÇÃO			
	4 - Ótimo	2 - Bom	1 - Regular	0 - Péssimo
	Vegetação natural, com APP bem preservada.	APP não possui o limite ideal, mas apresenta boa estrutura, com casas com mais de 5 metros de distância da APP.	Campo de pastagem, agricultura ou que tenham casas com distância entre 2 e 5 metros do curso d'água.	Muita ocupação (muitas casas, comércios, indústrias, plantações, criação de animais) nas margens do rio.
2. Lixo	PONTUAÇÃO			
	4 - Ótimo	2 - Bom	1 - Regular	0 - Péssimo
	Não há lixo no fundo ou nas margens do curso d'água.	Há baixa quantidade de lixo, sendo disperso em poucos locais.	Há um moderado acúmulo de lixo nas margens e no fundo do curso d'água.	Há um grande acúmulo de lixo no fundo e nas margens do curso d'água.
3. Fauna aquática	PONTUAÇÃO			
	4 - Ótimo	2 - Bom	1 - Regular	0 - Péssimo
	Facilidade em observar a presença de insetos, anfíbios ou peixes, no curso d'água	Baixa presença de insetos, anfíbios ou peixes, no curso d'água.	Curso d'água apresenta baixa diversificação e rara visualização das espécies aquáticas.	Não se observa qualquer tipo de espécie aquática.
4. Odor da água	PONTUAÇÃO			
	4 - Ótimo	2 - Bom	1 - Regular	0 - Péssimo
	Água apresenta condições inodoras.	Água apresenta odor fraco, perceptível ao se aproximar.	Água apresenta odor moderado perceptível ao se aproximar.	Água com odor forte de ovo podre ou óleo/industrial.
5. Presença de plantas aquáticas	PONTUAÇÃO			
	4 - Ótimo	2 - Bom	1 - Regular	0 - Péssimo
	Área parcial coberta por plantas aquáticas.	Baixa área coberta por plantas aquáticas, mas com musgos e algumas algas.	Área totalmente coberta por plantas aquáticas.	Área ausente de plantas aquáticas.
6. Presença de Animais	PONTUAÇÃO			
	4 - Ótimo	2 - Bom	1 - Regular	0 - Péssimo
	Área sem presença de gado ou animais domésticos, evidenciando apenas animais silvestres.	Eventual vestígio de presença de gados no entorno do curso d'água (Pegadas e Fezes).	Vestígios de presença de gado na delimitação da APP.	Presença de Gado ou animais domésticos, causando pisoteio no curso d'água.

	PONTUAÇÃO			
	4 - Ótimo	2 - Bom	1 - Regular	0 - Péssimo
7. 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.
8. Tipo de Fundo	PONTUAÇÃO			
	4 - Ótimo	2 - Bom	1 - Regular	0 - Péssimo
	Rochas/Cascalho em abundância	Areia em abundância, mas com algumas quantidades de rochas.	Lama predominante.	Canalizado/cimentado
9. Cor da água	PONTUAÇÃO			
	4 - Ótimo	2 - Bom	1 - Regular	0 - Péssimo
	Incolor	Água turva, não apresentando aspectos oleoso ou espumante	Água barrenta, contendo alguma oleosidade ou espuma	Água opaca e com aspecto oleoso
10. Erosão	PONTUAÇÃO			
	4 - Ótimo	2 - Bom	1 - Regular	0 - Péssimo
	Não há erosão em nenhuma das margens.	Curso d'água apresenta algumas áreas com indícios de erosão (Laminar).	Erosão apenas em uma das margens do curso d'água.	Erosão nas duas margens, com algumas raízes expostas.
11. Sinuosidade do Curso d'água	PONTUAÇÃO			
	4 - Ótimo	2 - Bom	1 - Regular	0 - Péssimo
	O curso d'água apresenta curvas.	O curso d'água tem sinuosidade em alguns trechos, mas não tão evidente.	Curso d'água com poucas curvas, não apresentando refúgio para reprodução de espécies.	Curso d'água retilíneo.
12. Substrato.	PONTUAÇÃO			
	4 - Ótimo	2 - Bom	1 - Regular	0 - Péssimo
	Existem galhos ou troncos, cascalhos (pedras), folhas e plantas aquáticas no fundo do rio.	30 a 50% de habitats diversificados; habitats adequados para a manutenção das populações de organismos aquáticos.	10 a 30% de habitats diversificados;	Menos que 10% de habitats diversificados; ausência de habitats óbvia
13. Vegetação no entorno Do Curso d'água	PONTUAÇÃO			
	4 - Ótimo	2 - Bom	1 - Regular	0 - Péssimo
	Área apresenta abundancia de Vegetação Ripária, sendo superior a 90% do seu entorno.	Área no entorno apresenta baixos índices de solo exposto, tendo em sua superfície do entorno de 70% a 90% coberta por vegetação.	O local apresenta moderada área de vegetação, representando de 50% a 70% da superfície do entorno Do curso d'água, havendo o restante das áreas com solo exposto ou pastagem.	Área apresenta menos de 50% de sua área coberta por vegetação, possuindo descontinuidade de sua cobertura vegetal, e indícios claros de interferência por ações antrópicas.

14. Lançamento de Esgoto	PONTUAÇÃO		
	4 - Ótimo	1 - Regular	0 - Péssimo
	Não há despejo de esgoto doméstico ou efluentes industriais.	Indícios de tubulações, não havendo o despejo de efluentes	Efluentes doméstico e/ou industriais lançados no curso d'água.