REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 09/12/2025 - **Accepted:** 09/12/2025
Vol: 21.02
DOI: 10.61164/ms10gg81
Pages: 1-21

ANÁLISE ESPACIAL DE ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE NO RIACHO MACARRÃO, JUAZEIRO – BA E APLICAÇÃO DO PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO RÁPIDA

SPATIAL ANALYSIS OF PERMANENT PRESERVATION AREAS IN THE MACARRÃO STREAM, JUAZEIRO – BA AND APPLICATION OF THE RAPID ASSESSMENT PROTOCOL

ANÁLISIS ESPACIAL DE ÁREAS DE PRESERVACIÓN PERMANENTE EN EL ARROYO MACARRÃO, JUAZEIRO – BA Y APLICACIÓN DEL PROTOCOLO DE EVALUACIÓN RÁPIDA.

Fernanda Águida Sousa de Deus
Bacharelanda em Engenharia Civil,
Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF), Brasil
E-mail: fernanda.aguida@discente.univasf.edu.br

Silvio Pereira Neto
Bacharelando em Engenharia Civil,
Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF) ,Brasil
E-mail:silvio.pereira@discente.univasf.edu.br

Lucas Otávio Lourenço Lima
Bacharelando em Engenharia Civil
Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF), Brasil
E-mail:lucas.lourenco@discente.univasf.edu.br

Miriam Cleide Cavalcante de Amorim
Doutorado em Engenharia Química,
Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF), Brasil
E-mail:miriam.cleide@univasf.edu.br

Resumo

Os riachos urbanos têm sua dinâmica profundamente alterada pela expansão desordenada das cidades e pela falta de saneamento básico, resultando em perda de qualidade ambiental e degradação das Áreas de Preservação Permanente (APPs). Nesse contexto, este estudo avaliou o estado ambiental do Riacho Macarrão, em Juazeiro-BA, integrando a análise da ocupação das APPs e a aplicação do Protocolo de Avaliação Rápida (PAR). A metodologia envolveu a delimitação das APPs por geoprocessamento no QGIS, conforme o Código Florestal, e a aplicação do PAR em

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 09/12/2025 - **Accepted:** 09/12/2025
Vol: 21.02
DOI: 10.61164/ms10gg81
Pages: 1-21

quatro pontos distribuídos ao longo do riacho, utilizando o software RioPar para sistematização dos dados. Os resultados mostram que aproximadamente 53,5% das APPs encontram-se ocupadas por edificações e outras intervenções antrópicas, com ausência quase total de vegetação ciliar, processos erosivos e lançamento de esgoto doméstico. As pontuações do PAR variaram entre 40 e 50 pontos, indicando degradação ambiental intermediária em todos os trechos avaliados, influenciada principalmente pela presença de resíduos sólidos, alterações morfológicas do canal e sinais de poluição orgânica. A análise integrada evidencia que o riacho Macarrão apresenta perda significativa de suas funções ecológicas e hidrológicas, reforçando a necessidade de ações urgentes, como recomposição da mata ciliar, controle da ocupação irregular, melhoria do saneamento e gestão adequada dos resíduos. Conclui-se que o uso combinado do PAR e das ferramentas de geoprocessamento é eficiente para diagnósticos ambientais preliminares e para subsidiar estratégias de recuperação e manejo em áreas urbanas.

Palavras-chave: Degradação ambiental; Efluentes; Saneamento básico; QGIS; Código Florestal.

Abstract

Urban streams undergo significant changes due to unplanned urban expansion and the lack of adequate sanitation, leading to environmental degradation and loss of ecosystem functions in Permanent Preservation Areas (PPAs). In this context, this study assessed the environmental condition of the Macarrão Stream, in Juazeiro-BA, integrating the analysis of PPA occupation with the application of the Rapid Assessment Protocol (RAP). The methodology involved delimiting the PPAs through geoprocessing in QGIS, following the Brazilian Forest Code, and applying the RAP at four points along the stream, with data systematization supported by the RioPar software. The results indicate that approximately 53.5% of the PPAs are occupied by buildings and other anthropogenic structures, with an almost complete absence of riparian vegetation, erosive processes, and direct discharge of domestic sewage. RAP scores ranged from 40 to 50 points, classifying all segments as having intermediate degradation, mainly due to solid waste deposition, morphological alterations in the channel, and signs of organic pollution. The integrated analysis reveals substantial loss of ecological and hydrological functions, highlighting the urgent need for actions such as riparian restoration, control of irregular occupation, improvements in sanitation infrastructure, and proper waste management. The study concludes that the combined use of RAP and geoprocessing tools is effective for preliminary environmental diagnoses and for supporting recovery and management strategies in urban streams.

Keywords: Environmental degradation; Effluents; Basic sanitation; QGIS; Forest Code.

Resumen

Los arroyos urbanos experimentan alteraciones significativas debido a la expansión urbana desordenada y a la insuficiencia del saneamiento básico, lo que provoca degradación ambiental y

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 09/12/2025 - **Accepted:** 09/12/2025
Vol: 21.02
DOI: 10.61164/ms10gg81
Pages: 1-21

pérdida de funciones ecológicas en las Áreas de Preservación Permanente (APP). En este contexto, este estudio evaluó la condición ambiental del Arroyo Macarrão, en Juazeiro-BA, integrando el análisis de la ocupación de las APP con la aplicación del Protocolo de Evaluación Rápida (PER). La metodología incluyó la delimitación de las APP mediante geoprocesamiento en QGIS, conforme al Código Forestal Brasileño, y la aplicación del PER en cuatro puntos distribuidos a lo largo del arroyo, con el apoyo del software RioPar para la sistematización de los datos. Los resultados muestran que aproximadamente el 53,5% de las APP están ocupadas por edificaciones y otras intervenciones antrópicas, presentando ausencia casi total de vegetación ribereña, procesos erosivos y descargas directas de aguas residuales domésticas. Las puntuaciones del PER variaron entre 40 y 50 puntos, clasificando todos los tramos como de degradación intermedia, influenciados por residuos sólidos, alteraciones morfológicas del canal y signos de contaminación orgánica. El análisis integrado evidencia una pérdida significativa de funciones ecológicas e hidrológicas, destacando la necesidad urgente de acciones como la restauración de la vegetación ribereña, el control de ocupaciones irregulares, la mejora del saneamiento y la gestión adecuada de residuos. Se concluye que la combinación del PER con herramientas de geoprocesamiento es eficaz para diagnósticos ambientales preliminares y para apoyar estrategias de recuperación y manejo en áreas urbanas.

Palabras clave: Degradación ambiental; Efluentes; Saneamiento básico; QGIS; Código Forestal.

1. Introdução

O município de Juazeiro está inserido na Região Administrativa Integrada de Desenvolvimento (RIDE) Polo Petrolina (PE)/Juazeiro (BA), contando com 237.821 pessoas (IBGE, 2022). A sede do município (Juazeiro), é cortada por cinco riachos urbanos, os quais cumprem funções essenciais na macrodrenagem das águas pluviais, reduzindo riscos de alagamentos e contribuindo para o equilíbrio hidrológico local.

Entretanto, a urbanização acelerada e pouco planejada, associada à precariedade dos sistemas de saneamento, tem provocado transformações profundas nesses ambientes, frequentemente convertidos em riachos modificados e receptores de efluentes domésticos (Nigro, 2017). Essas alterações refletem a intensa pressão antrópica sobre os cursos hídricos, manifestando-se na deterioração da qualidade ambiental e na perda de atributos ecológicos fundamentais (Macedo, 2023).

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 09/12/2025 - **Accepted:** 09/12/2025
Vol: 21.02
DOI: 10.61164/ms10gg81
Pages: 1-21

Entre os elementos que intensificam esse processo, destaca-se a ocupação indevida das Áreas de Preservação Permanente (APPs), faixas legalmente protegidas que desempenham papel estratégico na manutenção das margens, na proteção da vegetação ciliar e na conservação da biodiversidade e ao equilíbrio ecológico (Lehfeld e Coelho, 2024). A intervenção humana nessas áreas, seja pela supressão da cobertura vegetal, seja pela construção de edificações, compromete a estabilidade das margens, aumenta o aporte de poluentes e reduz a resiliência ecológica dos riachos urbanos (Cardoso e Aquino, 2013).

Diante desse cenário, torna-se necessário adotar abordagens capazes de integrar diferentes dimensões do ambiente, contemplando tanto a análise da ocupação do solo nas APPs quanto a avaliação das condições físicas e estruturais do corpo hídrico. Um método amplamente utilizado para diagnóstico preliminar e qualitativo de cursos d'água urbanos, de forma integrada, as condições das margens, do leito e do entorno imediato são os Protocolos de Avaliação Rápida (PAR) (Bizzo, Menezes e Andrade, 2014). Conforme a ANA (Agência Nacional de Água e Saneamento Básico) (2021), os Protocolos de Avaliação Rápida destacam-se como uma ferramenta eficiente para diagnósticos preliminares, por reunir indicadores relacionados à morfologia do riacho, às condições das margens e ao estado da vegetação ripária, favorecendo a identificação de impactos e oportunidades de recuperação.

Em 1987, relatório da *Environmental Protection Agency (EPA)* orienta a reestruturação dos programas de monitoramento da qualidade da água praticados nos Estados Unidos e recomenda o desenvolvimento e a aplicação de técnicas de monitoramento biológica e a elaboração de um guia de avaliação do meio físico que além de ser de baixo custo, fosse capaz de identificar os problemas existentes. A partir de então, surgem os protocolos de avaliação rápida que fornecem dados básicos sobre o habitat aquático no tocante a qualidade da água de gerenciamento dos recursos hídricos (Jung e Fernandez, 2023).

De forma que, diversos estudos se desenvolveram tais como Barbour *et al.* (1999), Callisto *et al.* (2002), Rodrigues *et al*. (2008), e estudos recentes como

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 09/12/2025 - **Accepted:** 09/12/2025
Vol: 21.02
DOI: 10.61164/ms10gg81
Pages: 1-21

Cionek *et al.* (2024) e Lira *et al*. (2025). Cionek *et al.* (2024) aprimoram e validam um PAR proposto por Cionek *et al.* (2011) como ferramenta para avaliar e monitorar riachos para subsidiar pesquisas, monitoramento para gestão e ciência cidadã. Lira *et al.* (2025) avaliaram as condições ambientais de três riachos na zona rural de Teresina (PI), utilizando o Protocolo de Avaliação Rápida como ferramenta de diagnóstico ambiental.

Assim, o presente estudo busca caracterizar a situação ambiental do riacho Macarrão a partir da verificação da ocupação de suas APPs e da aplicação do PAR (Protocolo de Avaliação Rápida), utilizando o software RioPar para sistematizar as informações coletadas. A avaliação foi realizada em quatro trechos distribuídos ao longo do curso d'água, possibilitando observar diferenças espaciais e compreender de que forma o uso do solo e o avanço da urbanização influenciam a integridade ecológica do sistema.

2. Metodologia

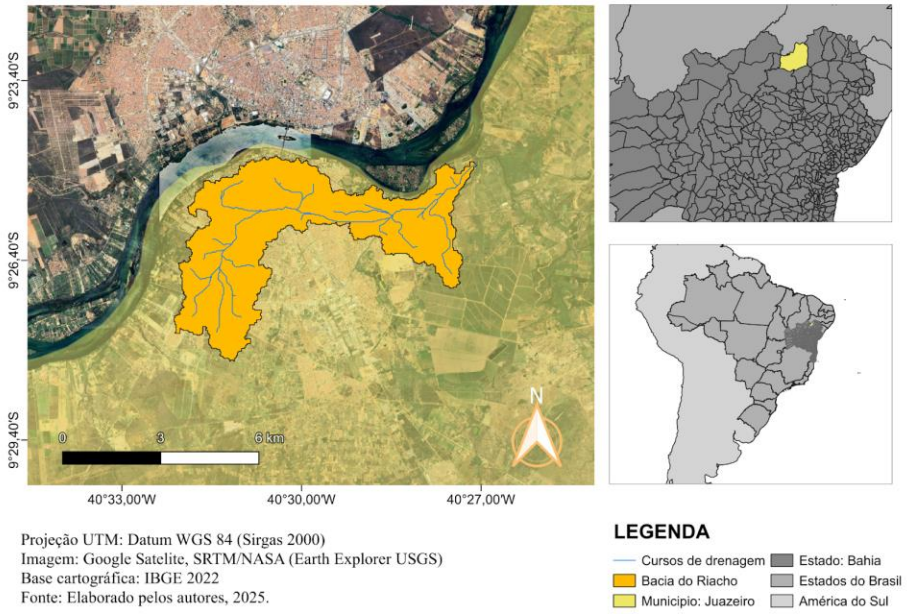
2.1 Caracterização da Área de Estudo

A pesquisa foi desenvolvida na zona urbana de Juazeiro, estado da Bahia, que possui extensão territorial de 6.721,24 km² (IBGE, 2024), como ilustrado na Figura 1. O objeto de estudo foi o riacho Macarrão, um curso d'água com aproximadamente 7,07 km de extensão Nigro (2017).

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 09/12/2025 - **Accepted:** 09/12/2025
Vol: 21.02
DOI: 10.61164/ms10gg81
Pages: 1-21

Figura 1 – Mapa de localização da bacia hidrográfica do riacho Macarrão.



Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

A metodologia combinou a análise de imagens de satélite, para a delimitação das Áreas de Preservação Permanente (APPs), e aplicação do Protocolo de Avaliação Rápida (PAR). Ambas as abordagens foram complementares a fim de compreender, de forma integrada, a situação ambiental do riacho Macarrão.

Definiram-se quatro pontos amostrais (M1, M2, M3 e M4), distribuídos ao longo do riacho, abrangendo quatro bairros de Juazeiro, para a realização de visitas *in loco*, bem como para a delimitação das Áreas de Preservação Permanente (APPs), aplicação do Protocolo de Avaliação Rápida (PAR) e registros fotográficos sistemáticos dos aspectos ambientais observados ao longo do curso d'água. As coordenadas geográficas dos pontos estão presentes no Quadro 1, e sua disposição espacial pode ser visualizada na Figura 2, que ilustra a localização dos pontos sobre uma imagem de satélite obtida no Google Maps.

Os registros fotográficos contribuíram para complementar a análise dos parâmetros do PAR, permitindo documentar alterações morfológicas, evidências de impacto antrópico e características relevantes da paisagem. A seleção desses

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 09/12/2025 - **Accepted:** 09/12/2025
Vol: 21.02
DOI: 10.61164/ms10gg81
Pages: 1-21

pontos teve como objetivo avaliar as diferentes pressões antrópicas atuantes ao longo do riacho Macarrão, contemplando gradientes distintos de interferência humana, abrangendo desde trechos próximos à nascente, onde a influência urbana é reduzida, até segmentos localizados em áreas densamente ocupadas e sujeitos a lançamento de efluentes oriundos de Estações de Tratamento de Esgotos (ETE).

Quadro 1 – Pontos amostrais e coordenadas ao longo riacho Macarrão

Ponto	Latitude	Longitude	Justificativa / Ponto de referência	Bairro	Rua
M1	9°25'36.82"S	40°28'30.34"O	Antes da ETE de Juazeiro	Tabuleiro	R.da Barragem
M2	9°25'39.55"S	40°29'21.09"O	Final de elevada concentração populacional e ponto que recebe água do riacho Mulungu e do Malhada	São Geraldo	Quadra C
M3	9°25'34.27"S	40°30'35.63"O	Próximo ao Assaí Atacadista	Jardim Vitória	Armando Ferreira de Almeida
M4	9°25'51.94"S	40°31'5.14"O	Próximo à nascente	Argemiro	São Francisco

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Figura 2 –Disposição espacial dos pontos amostrais ao longo do riacho Macarrão



Fonte: Adaptado do Google Maps.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 09/12/2025 - **Accepted:** 09/12/2025
Vol: 21.02
DOI: 10.61164/ms10gg81
Pages: 1-21

2.2 Delimitação das Áreas de Preservação Permanente

A delimitação das APPs foi realizada utilizando o software de Sistema de Informações Geográficas (SIG) QGIS, versão 3.40, adotando técnicas de geoprocessamento e o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS 2000) como base cartográfica. A partir da rede hidrográfica, aplicou-se a ferramenta "buffer" (delimitador de distância) para estabelecer uma faixa de 30 metros em cada margem do curso d'água, conforme determina o Art. 2º da Lei nº 12.651/2012 (Código Florestal) que define essa distância como mínima obrigatória para cursos de água com até 10 metros de largura, como observado no Quadro 2.

Quadro 2 – Dimensões mínimas de faixa marginal a serem preservadas

Cursos d'água (largura), nascentes, reservatórios artificiais e lagoas	**Faixa a ser preservada**
Até 10 metros	30 m em cada margem
Entre 10 e 50 metros	50 m em cada margem
Entre 50 e 200 metros	100 m em cada margem
Entre 200 e 600 metros	200 m em cada margem
Superior a 600 metros	500 m em cada margem
Reservatórios artificiais (em zona rural)	15 m no entorno do reservatório
Lagos e lagoas naturais (zona rural)	100 m no entorno, exceto corpos d'água com até 20 ha, cuja faixa será de 50 m
Lagos e lagoas naturais (zona urbana)	30 m no entorno

Fonte: Adaptado de Brasil (2012) — Lei nº 12.651/2012 (Código Florestal Brasileiro).

Após a delimitação das APP's foram demarcadas as áreas indevidamente ocupadas, principalmente com construções. Esse procedimento permitiu identificar, com precisão, as áreas que deveriam ser preservadas, bem como aquelas ocupadas por edificações, vias pavimentadas e outras intervenções antrópicas. A metodologia adotada segue práticas recomendadas na literatura

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 09/12/2025 - **Accepted:** 09/12/2025
Vol: 21.02
DOI: 10.61164/ms10gg81
Pages: 1-21

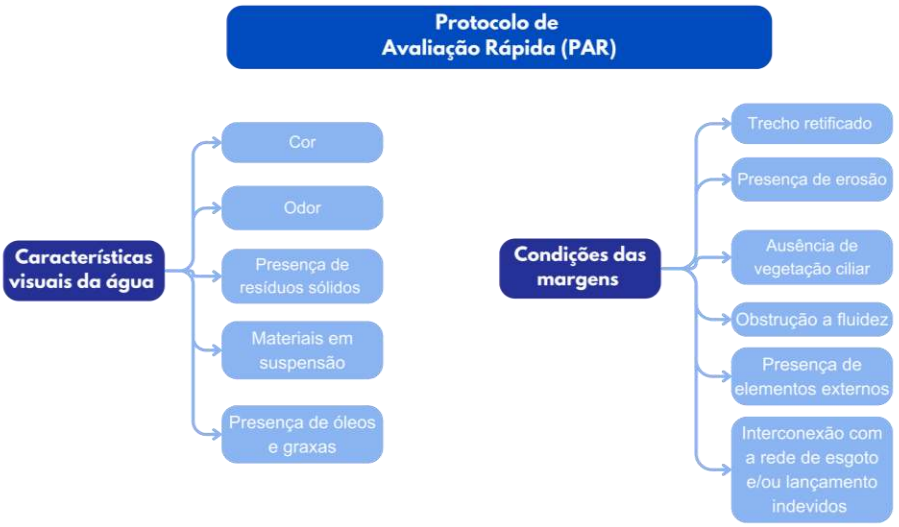
especializada para o mapeamento de APPs e avaliação de uso irregular do solo de Cardoso e Aquino (2013).

2.3 Aplicação do Protocolo de Avaliação Rápida (PAR)

O protocolo aplicado foi o PAR adaptado de Alcântara (2023), o qual foi transformado no *software* RioPar (Pires *et al.,* 2025), ferramenta que padroniza o registro das informações, facilita o preenchimento dos parâmetros avaliados e otimiza o processo de análise qualitativa em campo.

O PAR foi estruturado em dois eixos principais: características visuais da água e condições das margens, conforme representado na Figura 3, que ilustra os parâmetros utilizados na avaliação em campo. Esses parâmetros contemplam elementos essenciais da paisagem fluvial, permitindo identificar alterações resultantes de processos de urbanização, impactos antrópicos e perda de funcionalidade ecológica.

Figura 3 – Características do Protocolo de Avaliação Rápida



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 09/12/2025 - **Accepted:** 09/12/2025
Vol: 21.02
DOI: 10.61164/ms10gg81
Pages: 1-21

Na atribuição das notas do PAR, cada característica recebe uma pontuação conforme sua representatividade no ambiente, estão detalhados no Quadro 3, o qual orienta a classificação final dos trechos avaliados.

Quadro 3 – Critérios de pontuação do Protocolo de Avaliação Rápida (PAR)

Pontuação	Descrição da Característica Avaliada
0 pontos	Característica altamente representativa no ambiente
5 pontos	Característica presente, mas com menor intensidade ou destaque
10 pontos	Característica quando ausente

Fonte: Elaborado pelos autores (2025), com base no Protocolo de Avaliação Rápida (PAR).

Os valores obtidos foram organizados em três faixas de interpretação, permitindo categorizar o estado ambiental dos pontos analisados:

- 0 a 31 pontos: ambientes com elevado grau de degradação e forte perturbação ambiental;
- 32 a 78 pontos: ambientes com alterações intermediárias, apresentando sinais de impacto, mas com alguns elementos ambientais preservados;
- 79 a 110 pontos: ambientes em melhor estado de conservação, com menor influência antrópica e maior integridade ecológica.

A interpretação final baseia-se no valor total da soma dos parâmetros avaliados: quanto mais próximo de 110 pontos, melhor é o estado ambiental do trecho; quanto mais próximo de 0, maior é o grau de degradação.

3. Resultados e Discussão

3.1 Análise das Áreas de Preservação Permanente (APPs)

A análise espacial das Áreas de Preservação Permanente, delimitadas pela faixa de 30 metros em cada margem do riacho Macarrão, evidenciou um cenário de intensa ocupação e comprometimento ambiental. Grande parte dessas áreas

REMUNOM
ISSN 2178-6925

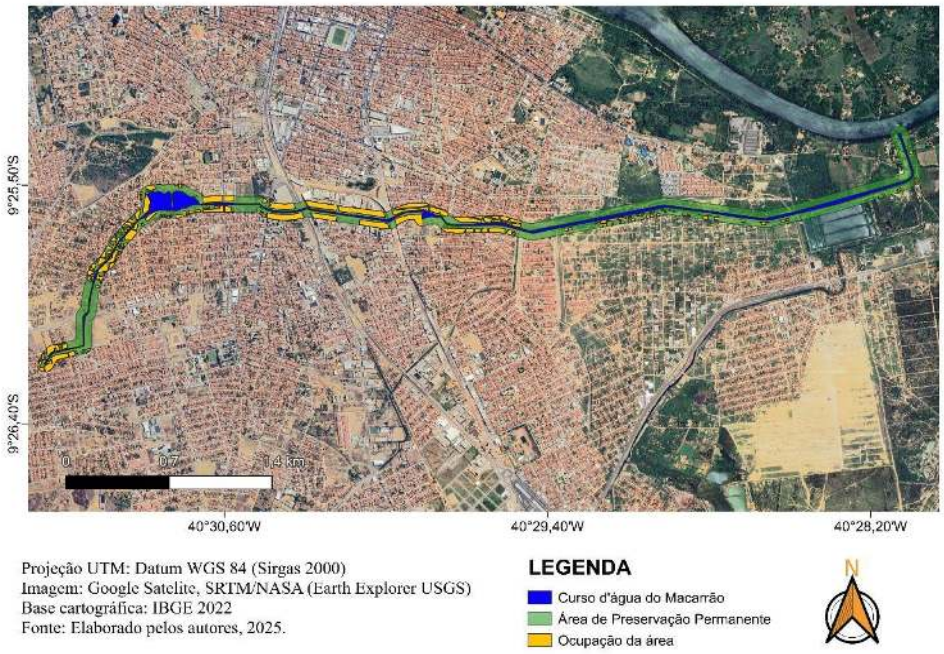
Received: 09/12/2025 - **Accepted:** 09/12/2025
Vol: 21.02
DOI: 10.61164/ms10gg81
Pages: 1-21

apresenta substituição da faixa nativa por construções, o que demonstra o descumprimento das exigências do Código Florestal (Lei nº 12.651/2012), que estabelece a preservação obrigatória dessas faixas marginais para a proteção dos recursos hídricos e manutenção do equilíbrio ecológico.

A área total delimitada como APP corresponde a 348.649,533 m², enquanto a área ocupada e/ou edificada da região é de 186.664,672 m², o que representa aproximadamente 53,5% da área de preservação comprometida por usos antrópicos, conforme Figura 3.

A Figura 4 destaca concentração de áreas edificadas principalmente entre os bairros Alto do Cruzeiro e Argemiro, abrangendo ainda os bairros João XXIII, Jardim Flórida e Nossa Senhora das Grotas, que compõem a região de maior adensamento urbano ao longo do curso do riacho.

Figura 3 – Áreas de preservação permanentes ocupadas ao longo do riacho Macarrão



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 09/12/2025 - **Accepted:** 09/12/2025
Vol: 21.02
DOI: 10.61164/ms10gg81
Pages: 1-21

Figura 4 – Áreas edificadas na APP do riacho Macarrão entre os bairros Alto do Cruzeiro e Argemiro



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

A situação observada ao longo das APPs demonstra que o processo de degradação não ocorre de forma isolada, mas resulta da interação entre múltiplos fatores típicos de áreas urbanizadas em expansão. Conforme destacado por Castro, Castro e Souza (2013), a vegetação ciliar atua como barreira essencial na conservação do solo e na filtragem de materiais particulados, reduzindo o assoreamento e preservando a qualidade da água. Sem essa proteção, a dinâmica hidrossedimentológica torna-se mais instável, a heterogeneidade dos habitats diminui e a capacidade de autorregulação do ecossistema é comprometida, situação típica de ambientes urbanos onde a conectividade ecológica foi progressivamente perdida.

A Figura 5 apresenta imagens registradas *in loco* evidenciando que, em diversos trechos, as margens encontram-se completamente desprovidas de vegetação nativa (mata ciliar), com solo exposto e erosão das margens (Figura 5a e 5b) e lançamento de esgoto doméstico diretamente no riacho (Figura 5c),

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 09/12/2025 - **Accepted:** 09/12/2025
Vol: 21.02
DOI: 10.61164/ms10gg81
Pages: 1-21

presença de detritos, acúmulo de resíduos, alterações na morfologia natural do leito pelo estreitamento do riacho e ocupações residenciais (Figura 5d).

Figura 5 – Vistas das ocupações e impactos ambientais nas APPs do riacho Macarrão. a) Ausência de mata ciliar e erosão nas margens; b) e c) Lançamento de esgoto doméstico; d) Ocupações residenciais.



Fonte: Acervo dos autores (2025).

Tais fatores intensificam a instabilidade das encostas e contribuem diretamente para o surgimento de processos erosivos, assoreamento e perda de biodiversidade, além de favorecer o aumento do escoamento superficial devido à impermeabilização do solo, comprometendo as funções ecológicas e hidrológicas da APP. A supressão da mata ciliar e o adensamento urbano intensificam o escoamento superficial e reduzem a infiltração de água no solo, o que potencializa episódios de enchentes e deslizamentos, padrão semelhante ao apontado por Tucci (2002) ao tratar da urbanização desordenada em cidades brasileiras.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 09/12/2025 - **Accepted:** 09/12/2025
Vol: 21.02
DOI: 10.61164/ms10gg81
Pages: 1-21

Estudos de Cardoso e Aquino (2013) apontam que a perda da função ecológica das APPs em áreas urbanizadas, se dá sobretudo quando há falhas na gestão e na fiscalização ambiental. Nesse cenário, as evidências coletadas no presente estudo, reforçam a necessidade de ações de recuperação ambiental, incluindo: recomposição da vegetação ciliar, fiscalização e controle das ocupações irregulares, implantação de infraestrutura adequada de drenagem e esgotamento sanitário, e educação ambiental junto às comunidades do entorno. Acrescenta-se ainda ações sobre a gestão em destaque, para a recomposição da vegetação ciliar, o controle da ocupação irregular e o manejo adequado dos resíduos sólidos e efluentes domésticos, visando restabelecer as funções ecológicas e sociais do riacho Macarrão.

3.2 Diagnóstico obtido do Protocolo de Avaliação Rápida (PAR)

A aplicação do PAR para os quatro pontos amostrais do riacho Macarrão evidenciou diferenças significativas nos níveis de alteração ambiental ao longo do curso d'água, conforme demonstrado na Tabela 2. As pontuações finais variaram entre 40 pontos, no trecho M4, 45 pontos em M1 e 50 pontos nos pontos M2 e M3, situando todos os segmentos na faixa de degradação intermediária. Esses resultados indicam que, embora nenhum trecho apresente condições plenamente preservadas, há diferenças na intensidade dos impactos, refletindo o distinto grau de pressão antrópica exercida sobre cada setor estudado do riacho.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 09/12/2025 - **Accepted:** 09/12/2025
Vol: 21.02
DOI: 10.61164/ms10gg81
Pages: 1-21

Tabela 2 – Resultados do Protocolo de Avaliação Rápida para o riacho Macarrão

Características visuais da água	M1	M2	M3	M4
Cor	0	0	0	0
Odor	0	0	0	0
Presença de resíduos sólidos (margem e leito)	0	5	5	0
Materiais em suspensão (flutuantes)	0	5	5	0
Presença de óleos e graxas	10	10	10	10
Características das margens	**M1**	**M2**	**M3**	**M4**
Trecho retificado	5	0	10	10
Presença de erosão	10	10	5	5
Ausência de vegetação ciliar	5	5	5	5
Presença de elementos externos	5	5	0	5
Obstrução a fluidez	0	10	0	0
Interconexão com a rede de esgoto e/ou lançamento indevidos	10	0	10	5
Pontuação final	**45**	**50**	**50**	**40**

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

3.2.1 Análise dos Indicadores por Eixo

Características visuais da Água

A análise dos parâmetros relacionados à qualidade da água indicou um cenário preocupante. Nos quatro pontos, os indicadores de cor e odor receberam a pontuação mínima (0 pontos), o que aponta para a presença persistente de matéria orgânica em decomposição ou esgoto doméstico não tratado lançado no riacho. Essa condição é típica de cursos d'água urbanos que recebem despejos sanitários, cenário comum em centros urbanos desprovidos de saneamento adequado (Vieira e Vieira, 2022; ANA, 2021). Esse tipo de poluição reduz a oxigenação da água e afeta diretamente a vida aquática, como demonstrado em avaliações de qualidade hídrica em áreas com elevado impacto antrópico (Souza e Gastaldini, 2014).

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 09/12/2025 - **Accepted:** 09/12/2025
Vol: 21.02
DOI: 10.61164/ms10gg81
Pages: 1-21

Além disso, a presença de resíduos sólidos em margem e leito (0 pontos em M1 e M4) e de materiais em suspensão (0 pontos nos mesmos trechos) reflete a vulnerabilidade do riacho à deposição de lixo urbano e ao aporte de sedimentos. Os resíduos sólidos, além de comprometerem a paisagem, funcionam como potenciais vetores de doenças e obstruem a calha do rio, aumentando a probabilidade de inundações (Moraes e Figueiredo, 2019). Os materiais suspensos aumentam a turbidez da água, reduzindo a penetração da luz solar, prejudicando a fotossíntese de organismos aquáticos e limitando a produção de oxigênio dissolvido, o que compromete severamente a qualidade ecológica da água (Queiroz, 2017).

Um ponto relativamente positivo identificado foi a ausência de óleos e graxas nos quatro pontos (10 pontos em todos). Isso sugere que a carga poluidora predominante não é de origem industrial, mas sim de natureza orgânica ou sanitária, reforçando a hipótese de impacto por esgoto doméstico. A predominância de poluição sanitária sobre poluição industrial reforça a necessidade de intervenções em saneamento básico para recuperar a qualidade da água (Freitas, Oliveira e Silva, 2017).

Condições das Margens

Quanto às margens do riacho, a avaliação indicou diversas pressões antrópicas constantes. O indicador Ausência de vegetação ciliar registrou 5 pontos para em todos os locais analisados *in loco*, ou seja, há uma degradação parcial, mas generalizada, da cobertura vegetal. A perda ou redução dessa vegetação ciliar compromete funções ecológicas fundamentais, tais como estabilização do solo, controle da erosão, retenção de sedimentos e nutrientes, além de servir como habitat para fauna terrestre e aquática. A redução dessa faixa de vegetação é preocupante porque está intimamente relacionada ao assoreamento progressivo e à degradação da qualidade da água (Almeida *et al*., 2023; Martins *et al*., 2024).

A erosão foi detectada em diferentes intensidades ao longo dos pontos. O desgaste das margens por erosão contribui para o assoreamento do leito, reduz a profundidade do riacho e pode aumentar o risco de transbordamentos em períodos

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 09/12/2025 - **Accepted:** 09/12/2025
Vol: 21.02
DOI: 10.61164/ms10gg81
Pages: 1-21

de chuva intensa. A dinâmica erosiva observada nas margens é intensificada pelo avanço das ocupações urbanas sobre áreas sensíveis, uma vez que a substituição da vegetação ripária por superfícies expostas diminui a proteção natural do solo e favorece a mobilização de sedimentos (Castro, Castro e Souza, 2013).

A interconexão com a rede de esgoto obteve pontuações críticas, especialmente no ponto M2, que pontuou 0 nesta categoria. Isso indica lançamentos diretos de efluentes sanitários no curso d'água, o que reforça o quadro de poluição orgânica registrado nos parâmetros da água (cor e odor). Esses despejos pontuais ou difusos contribuem para a deterioração da qualidade ambiental do riacho, bem como para potenciais riscos à saúde pública (ANA, 2021).

Também foram observadas obstruções à fluidez (0 pontos nos pontos M1, M3 e M4) e a presença de elementos externos, como entulhos ou estruturas irregulares (0 pontos em M3). Tais elementos interferem diretamente no fluxo natural da água, podendo provocar retenções, acúmulo de sedimentos e entupimentos, o que aumenta a probabilidade de alagamentos em épocas de chuvas mais intensas (Holz, 2010).

Por fim, o indicador trecho retificado apresentou variação entre os pontos: M2 obteve 0 pontos, sugerindo alta artificialização e retificação do riacho, enquanto M3 e M4 marcaram 10 pontos, indicando maior preservação da sinuosidade original do riacho. A manutenção da sinuosidade natural é importante para a dissipação de energia da água, para a criação de micro-habitat e para a manutenção da biodiversidade aquática, aspectos que favorecem a resiliência ecológica do sistema.

4. Conclusão

A aplicação conjunta das técnicas de geoprocessamento, do Protocolo de Avaliação Rápida e das observações em campo permitiram diagnosticar de forma integrada o estado ambiental do Riacho Macarrão e de suas Áreas de Preservação Permanente, evidenciando que mais de 53% das APPs encontram-se ocupadas por edificações e vias urbanizadas, estando portanto, em desacordo com a Lei nº

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 09/12/2025 - **Accepted:** 09/12/2025
Vol: 21.02
DOI: 10.61164/ms10gg81
Pages: 1-21

12.651/2012.As áreas mais críticas de ocupação irregular estão localizadas nas APPs dos bairros Tabuleiro (M1) e Argemiro (M4), caracterizadas principalmente por degradação da vegetação ciliar e os processos erosivos, obstruções à fluidez e trechos retificados.

Os parâmetros de cor e odor da água, com pontuação mínima em todos os pontos, apontam para a forte influência do lançamento de esgoto doméstico não tratado e da elevada carga orgânica. A presença de resíduos sólidos e materiais em suspensão confirma a vulnerabilidade do sistema à ocupação desordenada e à falta de infraestrutura sanitária, enquanto a ausência de óleos e graxas sugere uma predominância de poluição de origem sanitária, e não industrial, reforçando a necessidade de políticas públicas voltadas prioritariamente ao saneamento básico e ao gerenciamento de resíduos urbanos.

Diante disso, conclui-se que o Riacho Macarrão apresenta comprometimento severo de suas funções ecológicas e hidrológicas, exigindo ações urgentes de recuperação e gestão integrada, o que reforça a importância das APPs para o equilíbrio ecológico e a qualidade de vida da população. Apesar da degradação, o riacho apresenta potencial de recuperação, sendo prioritárias ações como a recomposição da vegetação ciliar, a regularização das ocupações irregulares, o controle de efluentes, o fortalecimento da fiscalização e a promoção de programas contínuos de educação ambiental.

Por fim, recomenda-se aprofundar os estudos acerca da qualidade físico-química e microbiológica da água do riacho e dos efluentes nele lançados, a fim de quantificar as cargas poluidoras lançadas no riacho.

Referências

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (Brasil). **Panorama da qualidade das águas superficiais no Brasil**. Brasília, DF: ANA, 2021.

ALCÂNTARA, E. da S.; SOUZA, D. S. de; SILVA, M. da C. B. C.; SANTOS, L. S.; LIMA, L. R. de; SEVERI, W. Protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats em ambientes estuarinos: uma proposta de adaptação (RHD-Estuarino).

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 09/12/2025 - **Accepted:** 09/12/2025
Vol: 21.02
DOI: 10.61164/ms10gg81
Pages: 1-21

Research, Society and Development, [Vargem Grande Paulista], v. 12, n. 4, p. e11212440939, 2023. DOI: 10.33448/rsd-v12i4.40939.

ALMEIDA, J. R. de, AGUIAR, L. A. de, BARBOSA, O. R., MATTA, P. dos S., GUROVA, T., & CUNHA, T. S. da. Impacto ambiental em uma mata ciliar. **Revista Internacional de Ciências**, [*S. l.*], v. 13, n. 2, p. 16–17, 2023. Disponível em: https://www.e-publicacoes.uerj.br/ric/article/view/74838. Acesso em: 7 out. 2025.

BARBOUR, M. T.; GERRITSEN, J.; SNYDER, B. D.; STRIBLING, J. B. **Rapid bioassessment protocols for use in streams and wadeable rivers:** periphyton, benthic macroinvertebrates and fish. 2. ed. Washington, D.C.: U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water, 1999. (EPA 841-B-99-002).

BIZZO, M. R. de O.; MENEZES, J.; ANDRADE, S. F. de. Protocolos de avaliação rápida de rios (PAR). **Caderno de Estudos Geoambientais**, [*S. l.*], v. 4, n. 1, p. 5–13, 2014.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa [...]. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 28 maio 2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014-2012/Lei/L12651.htm. Acesso em: 6 set. 2025.

CALLISTO, M.; FERREIRA, W. R.; MORENO, P.; GOULART, M.; PETRUCIO, M. Aplicação de um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats em atividades de ensino e pesquisa (MG-RJ). **Acta Limnologica Brasiliensia**, [*S. l.*], v. 14, n. 1, p. 91-98, 2002

CARDOSO, R. A.; AQUINO, V. M. G. de. Mapeamento e análise da degradação das Áreas de Preservação Permanente (APPs) urbanas: um estudo de caso. **Revista Brasileira de Geografia Urbana**, Curitiba, v. 5, n. 1, p. 119–132, jan./abr. 2013.

CASTRO, M. N.; CASTRO, R. M.; SOUZA, P. C. de. A importância da mata ciliar no contexto da conservação do solo. **Revista UniAraguaia**, v. 4, n. 4, 2013. Disponível em: https://sipe.uniaraguaia.edu.br/index.php/REVISTAUNIARAGUAIA/article/view/172 Acesso em: 28 nov. 2025.

CIONEK, V. M.; BEAUMORD, A. C.; BENEDITO, E. **Protocolo de avaliação rápida do ambiente para riachos inseridos na região do Arenito Caiuá**: Noroeste do Paraná. Maringá: Eduem, 2011.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 09/12/2025 - **Accepted:** 09/12/2025
Vol: 21.02
DOI: 10.61164/ms10gg81
Pages: 1-21

CIONEK, V. de M.; ALVES, G. H. Z.; SACRAMENTO, P. A.; BEAUMORD, A. C.; & BENEDITO, E. Rapid Assessment Protocol for sandstone headwater streams: a versatile and effective environmental assessment tool. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 36, e20, 2024. Disponível em: https://www.scielo.br/j/alb/a/Wk9qTyMTKnBx9BW9cVJL39q/?format=html&lang=en Acesso em: 4 dez. 2025.

DE FREITAS, L. S.; OLIVEIRA, R. S.; DA SILVA, J. C. A FALTA DE SANEAMENTO E O IMPACTO AMBIENTAL EM RIOS URBANOS. **Revista Univap**, [*S. l.*], v. 22, n. 40, p. 433, 2017. DOI: 10.18066/revistaunivap.v22i40.993. Disponível em: https://revista.univap.br/index.php/revistaunivap/article/view/993. Acesso em: 4 dez. 2025.

HOLZ, J. **Levantamento e mapeamento do índice de risco de alagamento da Bacia do Riacho Reginaldo.** 2019. 161 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento) – Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Cidades e estados**: Juazeiro (BA). [Rio de Janeiro]: IBGE, 2024. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ba/juazeiro.html. Acesso em: 16 set. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo demográfico 2022**: população e domicílios: primeiros resultados. Rio de Janeiro: IBGE, 2023. E-book. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv102011.pdf.Acesso em: 16 set. 2025.

JUNG, M. M. de J.; FERNANDEZ, O. V. Q. COMPARAÇÃO DE QUATRO PROTOCOLOS DE AVALIAÇÃO RÁPIDA DE RIOS APLICADOS NOS CÓRREGOS DE MARIPÁ (PR). **Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros, Seção Três Lagoas,** v. 1, n. 37, p. 136-158, 12 jul. 2023.

LEHFELD, L. S.; COELHO, L. C. **Código Florestal comentado e anotado**: artigo por artigo: legislação, jurisprudência e atos internacionais. Rio de Janeiro: Editora Juspodivm, 2024.

LIRA, S. S. de A.; AQUINO, C. M. S de.; SOUSA, R. dos S. Avaliação Rápida de Rios para diagnóstico ambiental e educação geográfica: aplicação em áreas rurais de Teresina (PI). **Terrae Didatica**, Campinas, SP, v. 21, n. 00, p. e025040, 2025. DOI: 10.20396/td.v21i00.8680561. Disponível em: https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/td/article/view/8680561. Acesso em: 4 dez. 2025.

MACEDO, F. da S. **Riacho das Porteiras: qualidade da água, indicadores limnológicos e sua relação com elementos do saneamento em Petrolina, PE**. 2023. 81 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências Biológicas)

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 09/12/2025 - **Accepted:** 09/12/2025
Vol: 21.02
DOI: 10.61164/ms10gg81
Pages: 1-21

– Universidade Federal do Vale do São Francisco, Campus Ciências Agrárias, Petrolina, 2023.

MARTINS, L. D.; SANTOS, Y. T. C.; GALVÍNCIO, J. D.; ARAGÃO, J. S.; ARAÚJO, G. M.; SANTOS, M. A. P. Integridade da mata ciliar em corpos aquáticos urbanos: conceitos e aspectos legais. **CONTRIBUCIONES A LAS CIENCIAS SOCIALES**, [*S. l.*], v. 17, n. 7, p. e8396, 2024. DOI: 10.55905/revconv.17n.7-214. Disponível em: https://ojs.revistacontribuciones.com/ojs/index.php/clcs/article/view/8396. Acesso em: 4 dez. 2025.

NIGRO, M. **Dos riachos aos canais**: o desprezo pela natureza na cidade em ambiente semiárido no Brasil (Juazeiro-BA). 2017. 298 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2017.

PIRES, A. C.; ALVES, D. de S.; SILVA, J. R da.; SOUZA, M. R de.; GASTALDINI, M. do C. C.; ALMEIDA, J. R de. RIOPAR: desenvolvimento de aplicativo baseado em protocolo de avaliação rápida. In: ENCONTRO DO PROGRAMA DE EDUCAÇÃO TUTORIAL DE PERNAMBUCO, 26., 2025, Petrolina. **Anais** [...]. Petrolina: UNIVASF, 2025. Disponível em:https://www.even3.com.br/anais/xxvi-encontro-programa-educacao-tutorial-de-pernambuco/1145868-RIOPAR--DESENVOLVIMENTO-DE-APLICATIVO-BASEADO-EM-PROTOCOLO-DE-AVALIACAO-RAPIDA. Acesso em: 4 dez. 2025.

QUEIROZ, M. T. de **A. Avaliação da qualidade da água da sub-bacia do Rio Piracicaba e da sua área de influência no reservatório da Usina Hidrelétrica de Sá Carvalho, Antônio Dias, MG, Brasil**. 2017. Tese (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017. Disponível em: https://repositorio.ufmg.br/items/03ca43ef-a603-4ebb-b994-9821b9559e83. Acesso em: 28 nov. 2025.

RODRIGUES, A. S. de L.; CASTRO, P. de T. A. Adaptation of a rapid assessment protocol for rivers on rocky meadows. **Acta Limnologica Brasiliensia**, [*S. l.*], v. 20, n. 4, p. 291-303, 2008.

SOUZA, M. M. de; GASTALDINI, M. do C. C. Avaliação da qualidade da água em bacias hidrográficas com diferentes impactos antrópicos. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 19, n. 3, p. 263-274, set. 2014. DOI: 10.1590/S1413-41522014019000001097.

TUCCI, C. E. M. Gerenciamento da drenagem urbana. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 7, n. 1, p. 5–27, jan./mar. 2002.

VIEIRA, A. C. A. S.; VIEIRA, P. H. A influência da mata ripária na qualidade da água superficial do córrego Moeda no município de Três Lagoas/MS. **Geografia em Questão**, [*S. l.*], v. 15, n. 2, 2022. Disponível em: https://e-revista.unioeste.br/index.php/geoemquestao/article/view/25206. Acesso em: 7 out. 2025.