

AS ALTERAÇÕES AMBIENTAIS E A QUALIDADE DA ÁGUA NOS CÓRREGOS URBANOS: ESTUDO DESSES EFEITOS EM PONTES E LACERDA, MATO GROSSO

Adilson Ribeiro de Araújo¹

Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia, GO, Brasil

E-mail: adilsonaraujo@discente.ufg.br

Resumo

O presente artigo tem como propósito investigar os efeitos da expansão da cidade sobre três córregos urbanos: Buriti, Marechal Rondon e Baiano. A análise foi conduzida considerando parâmetros relativos à qualidade da água, bem como às características de uso e cobertura da terra e às alterações ambientais. Para realizar tal investigação, aplicaram-se técnicas que englobam análise de seções transversais e longitudinais dos córregos, aferição da vazão hidrométrica, avaliação da qualidade da água, impactos ambientais e uso e ocupação. No que diz respeito à vazão, foi empregada a técnica do flutuador, ao passo que a avaliação dos níveis de poluição da água baseou-se na análise de parâmetros como Oxigênio Dissolvido (OD), pH, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e colimetria. Os resultados obtidos indicaram que, embora não tenham sido identificados níveis elevados de coliformes fecais – com o valor máximo registrado sendo 120,00 NMP/100 ml, conforme os padrões estabelecidos pelo Conama – houve alterações nos níveis de Oxigênio Dissolvido em todos os córregos analisados. Em termos de vazão hidrométrica, o Córrego Marechal Rondon apresentou uma seção transversal de 0,78 m² e uma vazão de 0,20 m³/s, enquanto o Córrego Buriti registrou a maior vazão, com 0,33 m³/s, e uma seção transversal de 1,16 m². As análises do uso e da ocupação do solo revelaram um progressivo estrangulamento dos córregos, alterações nas nascentes e diminuição do volume de água. Além disso, foi observada a presença de construções, erosão, despejo de esgotos, remoção de vegetação e degradação de matas ciliares ao longo dos trechos analisados. Conclui-se, portanto, que o padrão atual de uso e ocupação do espaço urbano tem contribuído significativamente para as alterações observadas nos córregos.

Palavras-chave: Expansão Urbano; Impactos Ambientais; Qualidade da Água; Córregos, Uso e Ocupação.

ENVIRONMENTAL CHANGES AND WATER QUALITY IN URBAN STREAMS: A STUDY OF THESE EFFECTS IN PONTES E LACERDA, MATO GROSSO

Abstract

The purpose of this article is to investigate the effects of city expansion on three urban streams: Buriti, Marechal Rondon and Baiano. The analysis was conducted considering parameters relating to water quality, as well as land use and cover characteristics and environmental changes. In order to carry out this investigation, techniques were applied that include analysing cross and longitudinal sections of the streams, measuring hydrometric flow, assessing water quality, environmental impacts and use and occupation. With regard to flow, the float technique was used, while the assessment of water pollution levels was based on analysing parameters such as Dissolved Oxygen (DO), pH, Biochemical Oxygen Demand (BOD) and cholimetry. The results obtained indicated that although high levels of faecal coliforms were not identified - with the maximum value recorded being 120.00 NMP/100 ml, according to the standards set by Conama - there were changes in Dissolved Oxygen levels in all the streams analysed. In terms of hydrometric flow, the Marechal Rondon stream had a cross-section of 0.78 m² and a flow of 0.20 m³/s, while the Buriti stream recorded the highest flow of 0.33 m³/s and a cross-section of 1.16 m². Analyses of land use and occupation revealed a

¹ Professor efetivo (2011) da Escola Estadual Dep. Dormevil Faria (Seduc), em Pontes e Lacerda. Doutorando em Geografia na Linha de Análise Ambiental e Tratamento da Informação Geográfica pela Universidade Federal de Goiás (UFG).

progressive strangulation of the streams, alterations to the springs and a decrease in the volume of water. In addition, the presence of water was observed.

Key words: Urban Expansion; Environmental Impacts; Water Quality; Streams, Use and Occupation.

CAMBIOS AMBIENTALES Y CALIDAD DEL AGUA EN ARROYOS URBANOS: ESTUDIO DE SUS EFECTOS EN PONTES E LACERDA, MATO GROSSO

Resumen

El objetivo de este artículo es investigar los efectos de la expansión de las ciudades en tres arroyos urbanos: Buriti, Marechal Rondon y Baiano. El análisis se llevó a cabo teniendo en cuenta parámetros relativos a la calidad del agua, así como las características del uso y la ocupación del suelo y los cambios medioambientales. Para llevar a cabo esta investigación, se aplicaron técnicas que incluyen el análisis de secciones transversales y longitudinales de los arroyos, la medición del caudal hidrométrico, la evaluación de la calidad del agua, los impactos ambientales y el uso y la ocupación. En cuanto al caudal, se utilizó la técnica del flotador, mientras que la evaluación de los niveles de contaminación del agua se basó en el análisis de parámetros como el Oxígeno Disuelto (OD), el pH, la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y la colimetría. Los resultados obtenidos indicaron que, aunque no se identificaron niveles elevados de coliformes fecales – siendo el valor máximo registrado de 120,00 NMP/100 ml, de acuerdo con las normas establecidas por la Conama –, sí hubo cambios en los niveles de Oxígeno Disuelto en todos los arroyos analizados. En términos de caudal hidrométrico, el arroyo Marechal Rondon presentó una sección transversal de 0,78 m² y un caudal de 0,20 m³/s, mientras que el arroyo Buriti registró el mayor caudal de 0,33 m³/s y una sección transversal de 1,16 m². Los análisis del uso y la ocupación del suelo revelaron un estrangulamiento progresivo de los arroyos, alteraciones en los manantiales y una disminución del volumen de agua. Además, se observó la presencia de agua.

Palabras-clave: Expansión urbana; Impactos ambientales; Calidad del agua; Cauces, uso y ocupación.

Introdução

As alterações ambientais, que surgem em grande medida de processos de industrialização e expansão urbano, requerem uma análise integrada. Estes fenômenos, que começaram a ganhar destaque a partir da segunda metade do século XVIII, aceleraram com o advento das sociedades modernas. A expansão destas sociedades trouxe consigo práticas de gestão ambiental inadequadas, culminando em uma utilização insustentável e um planejamento espacial caótico, particularmente em áreas urbanas.

Historicamente, a expansão da cidade obriga a sociedade a estabelecer-se nas proximidades de corpos d'água, uma prática que, gradativamente, intensificava os impactos ambientais. Esta tendência resultou na poluição ambiental e no agravamento de escassez dos recursos hídricos nas zonas urbanas. Neste sentido, Capoane (2023, p. 3) afirma que “A urbanização rápida e em grande escala leva a uma drástica mudança nos padrões da paisagem, que, por sua vez, influenciam na estrutura e função dos ecossistemas, desencadeando e/ou

agravando os impactos socioeconômicos e ambientais”. No entanto, Funaro et al. (2022) revelam, em seu estudo, nas imediações da comunidade do Ribeirão na cidade de Cáceres, em Mato Grosso, o nível de degradação causado pelo lançamento diário de esgoto e lixo doméstico nos corpos hídricos a montante do local analisado.

O avanço das cidades trouxe consigo um aumento significativo de alterações ambientais urbanas. Este crescimento, muitas vezes, mal planejado resultou em uma utilização inadequada dos espaços, especialmente notável na ocupação dos canais fluviais. Os rios, elementos vitais da paisagem em qualquer bacia hidrográfica, têm sofrido com essa ocupação desordenada. Conforme demonstrado por Cunha, em 2008, as bacias hidrográficas são fundamentais para a gestão e o planejamento ambiental, atuando como unidades sistêmicas. Nesse contexto, as cidades assumem um papel fundamental, integrando-se aos sistemas geoambientais como elementos ativos.

É inegável a importância da água como um dos recursos vitais para a Terra, sustentando a existência humana. No entanto, com o crescimento populacional global, prevê-se um aumento na demanda por água no futuro, especialmente nos setores industrial e agrícola. Esse aumento, aliado ao crescimento acelerado urbano, tende a impactar negativamente o ciclo da água. Segundo Koncagül, em 2017, esses fatores influenciarão tanto a quantidade quanto a qualidade e disponibilidade da água, afetando diretamente o bem-estar humano. Este cenário reforça a necessidade de uma gestão mais eficaz dos recursos hídricos com um planejamento urbano mais consciente e sustentável.

Neste sentido, o adensamento populacional urbano, na maioria das vezes vinculado ao impacto humano sobre os sistemas fluviais, contribuiu para a ocorrência e a intensificação de problemas ambientais nas cidades (OLIVEIRA; VESTENA, 2012). Esse processo tem acarretado, em grande parte, a inundação, a erosão, o mau cheiro, a degradação das matas ciliares (APPs), além do risco ambiental nos canais urbanos a perturbar o equilíbrio dinâmico do sistema de drenagem fluvial. Portanto, a ocupação desordenada nas Áreas Preservação Permanentes dos córregos decorre da expansão da malha urbana, que levou à implantação de loteamentos, que compromete, em muitos casos, a qualidade ambiental das microbacias chegando a ser um dano irreversível no sistema. Na verdade, os córregos urbanos são elementos dinâmicos no sistema de bacia de drenagem, podendo ocorrer mudanças morfológicas e/ou geométricas espaço-temporais ao longo de seu perfil e seção.

Existem, na realidade brasileira, alguns trabalhos como os de Tucci (1997; 2005; 2008), de Castro et al. (2005) e de Jacobi (2009), que enfatizam novas posturas no tratamento

da problemática da água no ambiente natural urbano. Os autores ressaltam que as políticas de planejamento e gestão do urbano devem ser repensadas de forma integrada e efetiva, com a participação da sociedade no delineamento e na gestão dos recursos hídricos, tendo a bacia hidrográfica como a referência territorial de tais planejamentos. Tendo em vista que esses aspectos visam alcançar uma condição ambiental favorável aos recursos hídricos nas cidades.

Portanto, além da observação das ações deliberadas no uso e na ocupação do espaço fluvial, as mudanças sociais na drenagem se devem à negligência ou ao mau uso da água, do solo e das matas ciliares dos canais urbanos. Tal fato ocorre devido à remoção da vegetação para a expansão urbana, cujas respostas vão interferir diretamente sobre as características dos sistemas hidrológicos nas bacias hidrográficas (CUNHA, 1998; CHRISTOFOLETTI, 1999; CUNHA; GUERRA, 2009).

Ao longo dos últimos cinco séculos, o crescimento urbano tem impactado profundamente os córregos e rios nas bacias de drenagem, alterando de forma significativa o equilíbrio dinâmico destes ecossistemas aquáticos. Essa interação complexa, evidenciada nos trabalhos de Suguio e Bigarella (1990) e de Cunha (2008; 2010), é influenciada por múltiplos fatores, como a localização geográfica, topografia, características geológicas, morfologia da terra, crescimento populacional e a estrutura social urbana. Guerra e Cunha (2013) destacam que essas influências não apenas afetam a dinâmica hídrica das sub-bacias, mas também comprometem o equilíbrio ecológico e a sustentabilidade dessas áreas.

Adicionalmente, Guerra e Cunha (2013) ressaltam que os impactos ambientais urbanos não são distribuídos de maneira igualitária, pois afeta desproporcionalmente as áreas habitadas por classes sociais menos favorecidas. Guerra e Marçal (2010) complementam essa análise ao abordarem problemas como assoreamento de cursos d'água e reservatórios, agravados pela destruição ou obstrução de galerias, intensificam a ocorrência de erosão, enchentes, poluição, além da perda da capacidade de armazenamento de água. Estes problemas não apenas refletem a degradação ambiental, mas também evidenciam falhas na gestão urbana, realçando a necessidade de políticas eficientes para a proteção no ambiente natural e das populações vulneráveis.

Atualmente, a região do Alto Guaporé, no sudoeste de Mato Grosso, sofre com os impactos dos agentes físico-ambientais ocasionados por atividades humanas, especialmente a mineradora. Em Pontes e Lacerda, há a ocorrência de vários cursos hídricos na malha do município; nas proximidades das cidades, encontram-se os córregos Buriti, Baiano, Marechal Rondon, Onça e Gama. Oportuno mencionar que, os três primeiros são córregos recebem

alterações ambientais respectivos à expansão urbana, já para os dois últimos estão impactados por ações garimpeiras, pecuária e outras práxis destrutivas. No Rio Guaporé, canal principal dos cursos d'água menores, são despejados rejeitos poluidores de matadouro, rejeitos de mineração, além da rede de esgoto da cidade (MORENO; HIGA, 2017).

O estudo visa avaliar o impacto das atividades humanas nos córregos urbanos Buriti, Marechal Rondon e Baiano em Pontes e Lacerda, Mato Grosso. O principal objetivo é entender como a expansão urbana afeta estes córregos, observando aspectos como a qualidade da água, o uso e a cobertura da terra, e as alterações ambientais nas Áreas de Preservação Permanentes (APPs) empregando a técnica de NDVI. A metodologia inclui a medição do perfil longitudinal, profundidade e largura dos córregos, bem como a determinação da vazão hidrométrica da seção transversal usando a técnica de flutuador. Uma análise minuciosa da qualidade da água será realizada. Além disso, o estudo explorará a relação entre os ambientes naturais e sociais, enfatizando a influência das dinâmicas socioeconômicas no contexto urbano.

Metodologia

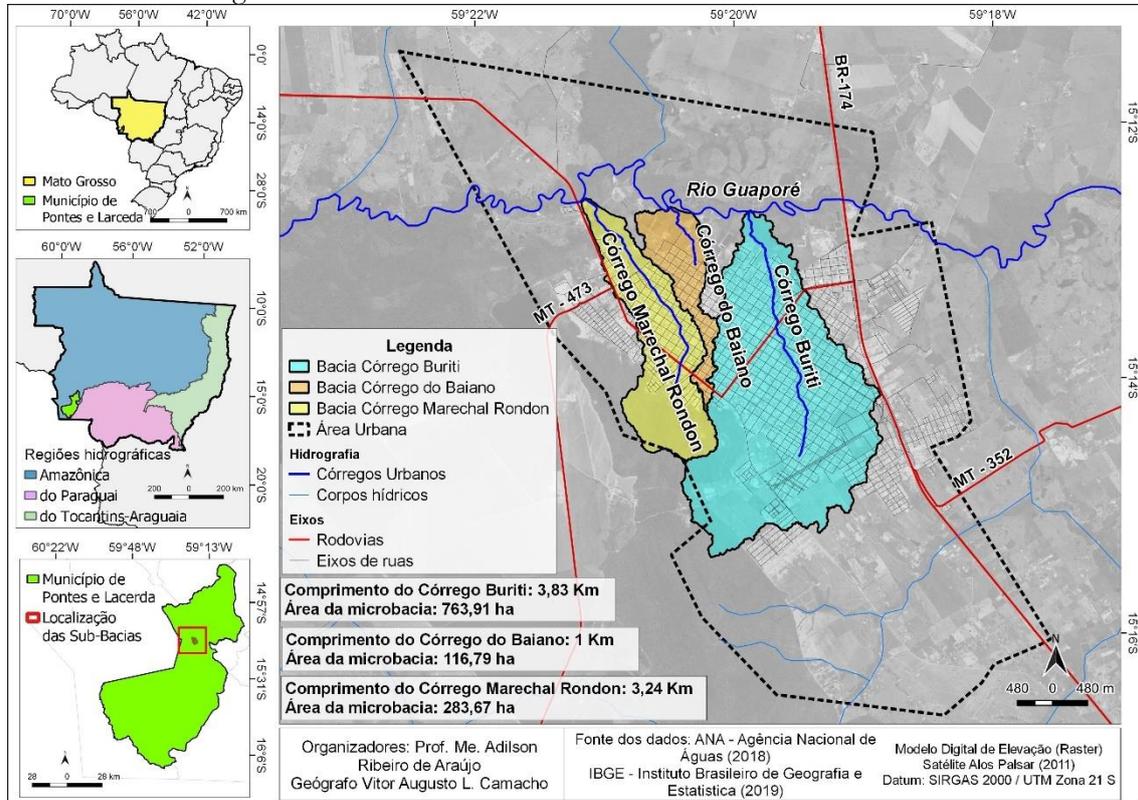
Localização da Área de Estudo

O estudo aborda a cidade de Pontes e Lacerda, situada na microrregião do Alto do Guaporé. Geograficamente, esta localidade se encontra a sudoeste de Mato Grosso entre os paralelos de 15° 13' e 15° 16' latitude sul e os meridianos 58° 30' e 60° 21' longitude oeste de Greenwich. De acordo com o IBGE (2022), o município possui uma área territorial de 8.545,292 km², dos quais 13,76 km² são urbanizados. Possui ainda, uma taxa de urbanização de 83,7% conforme dados do IBGE que cobrem o período de 2010 a 2019, refletindo uma população predominantemente urbana (83,7%) em comparação com a rural (16,3%).

O foco da pesquisa recai sobre três canais urbanos: o córrego Buriti (7,72 km²), Baiano (1,18 km²) e Marechal Rondon (2,87 km²), importantes tributários da margem esquerda do Rio Guaporé, atravessam áreas relevantes do perímetro urbano de Pontes e Lacerda. A análise dessas áreas hídricas revela-se imprescindível para entender a interação entre a expansão urbana e os recursos hídricos na cidade, proporcionando *insights* sobre as mudanças ambientais e sociais. A população do último censo IBGE (2022) é de 52.018 habitantes, com densidade demográfica de 6,09 hab./km², com altitude média de 263 metros. A cidade localiza-se às margens da Rodovia BR-174, trecho que compreende de Cuiabá

(Mato Grosso) a Porto Velho (Rondônia). Os contornos e a localização das microbacias afetados por essa mudança estão ilustrados na Figura 1.

Figura 1 – Área de Estudo das Microbacias dos Canais Urbanos.



Fonte: Camacho e Araújo (2020).

Localizado nos biomas do Cerrado e da Amazônia, o município exibe uma diversidade de unidades de relevo, incluindo as planícies e pantanais do Guaporé, a depressão do Guaporé e os planaltos residuais do Guaporé. Essa diversidade geográfica é acompanhada por unidades climáticas mesotérmicas, que variam de quentes e úmidas a subúmidas, influenciando diretamente os baixos planaltos, depressões, pantanais e as áreas de altitude dos maciços elevados (MATO GROSSO, 2011). O município apresenta uma temperatura média anual de 25,2° C e um índice pluviométrico médio anual de 1328,2 mm, de acordo com os dados de 2022 do Inmet/Ana. Há também duas estações climáticas distintas: a estação seca, que geralmente se estende de maio a setembro; e a estação chuvosa, de outubro a abril.

Procedimentos de pesquisa

A fase inicial desta pesquisa debruçou-se numa revisão de literatura relevante ao tema, seguida pelo levantamento de dados da área de estudo. Durante esta etapa, foram adotadas técnicas de geotecnologia, detalhadas posteriormente. A elaboração do mapa, apresentado na Figura 1, destaca a área de estudo e a delimitação das três microbacias. Este processo foi iniciado em março de 2020, marcando uma etapa fundamental na condução do estudo. A base de dados contendo malhas municipais foi extraído do IBGE (2020), apresentado pelo Sistema de Coordenadas Geográficas Sirgas (2000) e, posteriormente, atualizada para uma projeção plana, *datum* Sirgas 2000 UTM 21S. Portanto, a partir do uso do Sistema de Informação Geográfica (SIG) e do *software* do Qgis Standalone versão 3.16 a 3.20, de acesso gratuito.

Em seguida, usou-se o referido *software* para mapear o uso da terra dentro de um raio de 30 metros das Áreas de Preservação Permanente (Figura 3) e para localizar os cursos hídricos urbanos em Pontes e Lacerda. A projeção inicial das imagens foi em WGS84, e, mais tarde, convertida em um sistema métrico. A análise da vegetação nas APPs permitiu definir claramente essas áreas importantes. Para enriquecer os dados, recorreu-se às informações topográficas de fontes especializadas e às imagens de satélite de alta resolução (10m), fornecidas pela constelação de satélites europeia Sentinel-2.² A combinação dessas técnicas e fontes de informação resultou em uma base de dados robusta e diversificada, essencial para uma análise abrangente das áreas em estudo.

No estudo, realizou-se o Processamento Digital de Imagem (PDI), que incluiu a seleção e o recorte de imagens dos córregos e a aplicação da correção L1-C para avaliar as condições ambientais da área. Essencial no processo do cálculo de Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI), uma métrica que indica a densidade e a saúde da vegetação. Este índice derivou de imagens capturadas em 6 de dezembro de 2019, utilizando as bandas 4 (vermelho) e 8 (infravermelho). Para o cálculo do NDVI, foram empregadas as técnicas desenvolvidas por Rouse et al. (1973), acerca da normalização da Razão Simples no intervalo de -1 a 1. A equação 1 usada para o NDVI é: $NDVI = (IVP - V) / (IVP + V)$, onde IVP se refere à refletância no Infravermelho Próximo (Banda 8) e V à refletância no Vermelho (Banda 4).

² Estas imagens encontram-se disponíveis gratuitamente no sítio eletrônico do Programa Copernicus, assegurando tanto a acessibilidade à coleta de dados quanto a transparência desta.

Neste estudo, o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) foi utilizado para delimitar as Áreas de Preservação Permanente (APPs) ao redor dos córregos, conforme destacado por Ponzoni et al. (2012), que classificam o NDVI como uma ferramenta útil para construir perfis sazonais e temporais da vegetação e realizar comparações interanuais. A delimitação das APPs foi feita em conformidade com a Lei 12.651 de 25 de maio de 2012, especificamente o artigo 4º, que define as APPs como faixas marginais de qualquer curso d'água natural com uma largura mínima de 30 metros para cursos com menos de 10 metros de largura.

Na classificação da vegetação das APPs, foram selecionados intervalos de NDVI de -1 a 1, representando diferentes condições ambientais. Utilizou-se um *buffer* no Sistema de Informação Geográfica para aplicar esta classificação. Seguindo os critérios de Ming, Tse e Liu (1998), as classes de vegetação foram formuladas como vegetação rasteira, vegetação intermediária e vegetação densa; além da área construída. Eles observaram que vegetações densamente desenvolvidas exibem NDVI superiores a 0,6, enquanto coberturas vegetais menos densas e áreas com resquícios verdes variam de 0,3 a 0,6 no NDVI.

Para a criação do mapa de uso e cobertura da terra, apresentado na Figura 4, foram utilizados os dados do MapBiomas, obtidos das imagens do satélite Landsat 8, com resolução espacial de 30 metros, no formato matricial (*GeoTiff*) da coleção 5. Esta coleção analisa imagens de satélite do ano de 2019 e inclui dados e mapas anuais do período de 1985 a 2021 (MAPBIOMAS, 2021). Cumpre ressaltar que o MapBiomas emprega uma classificação automatizada através de algoritmos de árvores de decisão (*Random Forest*), realizando a classificação *pixel a pixel*, com uma área mínima de mapeamento de 900 metros, conforme explicado por Haddad e Petri (2020). Os dados são organizados em mosaicos de imagens de satélite para cada ano da série histórica, com uma generalização espacial que exclui áreas menores que 0,5 hectares.

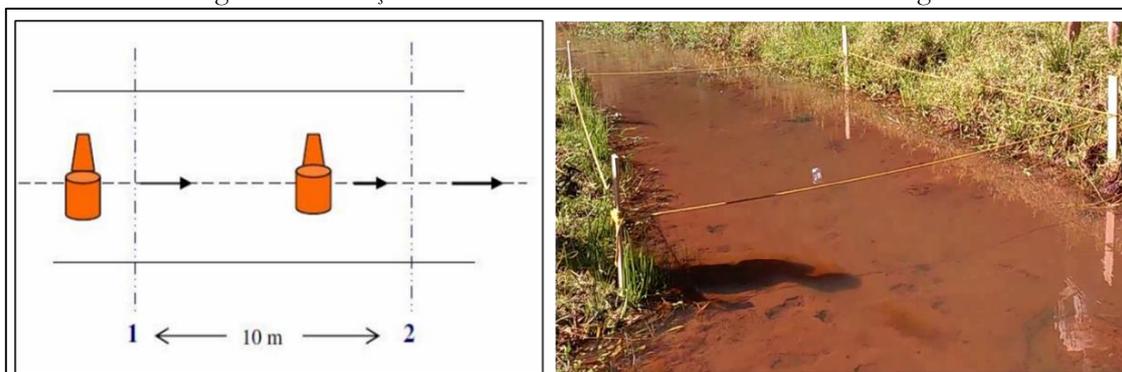
Desse modo, houve também a visita *in loco* para a medição de trechos dos canais de largura e profundidade do leito, conforme quadro 1. Na medição da vazão hidrométrica transversal, foi coletada no final do período de verão, ocorrido no dia 7 de março de 2021, exemplo ilustrativo da Figura 2. A vazão dos canais só foi possível ser realizada em dois córregos, pois o Córrego do Baiano encontra-se assoreado e isso inviabilizou a utilização do método flutuador. De acordo com Santos et al. (2001), o método flutuador consiste em determinar a velocidade de deslocamento de um objeto flutuante, medindo o tempo utilizado para o seu deslocamento num determinado trecho de rio de comprimento conhecido

(SANTOS et al., 2001, p. 196). A opção pelo uso do método ocorre quando não há outros instrumentos adequados para a medição, como, por exemplo, o molinete, equipamento com maior precisão para medir a vazão líquida de rios (SILVA, 2016). Para Palhares et al. (2007), a fórmula usada no método flutuador para a medição de vazão hidrométrica se demonstra com a seguinte equação 2: $Vazão = Q = (A \times L \times C) T (m^3 \cdot s^{-1})$, (1).

Sendo que: A representa a média da área do canal, L refere-se ao comprimento da área de medição, C representa o coeficiente ou fator de correção e a letra T corresponde ao tempo levado pelo flutuador para percorrer o perímetro (comprimento L).

Para medir a duração do percurso de um objeto no perímetro demarcado dos canais, foram utilizados barbantes, estacas, trena, isopor e o cronômetro de um celular. Especificamente, a medição da vazão hidrométrica (m^3/s) no Córrego Buriti foi realizada nas coordenadas $15^\circ 14' 11'' S$ e $59^\circ 19' 34'' O$, localizando-se na Rua Terezinha Coura Garbin. Para o Córrego Marechal Rondon, a medição ocorreu na Avenida José Martins Monteiro, nas coordenadas $15^\circ 13' 54'' S$ e $59^\circ 20' 26'' O$. Os métodos aplicados para a medição estão ilustrados na Figura 2, que apresenta a medição das vazões nas seções transversais dos cursos d'água dos canais em estudo.

Figura 2 – Medição hidrométrica da vazão num trecho do córrego.



Fonte: Método do flutuador (Adaptado de Santos et al., 2001; Araújo, 2021).

O estudo ainda integrou informações disponíveis com análises de uso e cobertura da terra, examinando a condição das matas ciliares (Áreas de Preservação Permanente) e as alterações ambientais causadas pela expansão urbana, além de avaliar a qualidade ambiental dos três canais fluviais. Caracterizou-se detalhadamente o uso e a ocupação desses canais, conforme ilustrado na (Figura 6 e Quadro 1), usando fotografias para documentar as condições físicas de cada canal urbano. Esta documentação visual recebeu descrições detalhadas sobre os efeitos do avanço da cidade.

Além disso, um aspecto importante da pesquisa foi a análise dos parâmetros de seção transversal e longitudinal dos canais. Para isso, foram confeccionados *croquis* de cada canal utilizando dois *softwares* distintos: um para a análise espacial e outro para o *design gráfico*. Os perfis dos canais foram, no princípio, determinados no Google Earth e, posteriormente, exportados para o *Corel Draw 2020* para a elaboração final. Este método permitiu uma compreensão pormenorizada da estrutura e características dos canais.

Na finalização dos procedimentos metodológicos da pesquisa, realizou-se uma análise minuciosa da qualidade da água superficial nos canais. Utilizou-se um método sistemático, que incluiu o uso de um *kit* de amostragem composto por frascos, preservantes, fita crepe, etiquetas e caixas de isopor para assegurar a coleta, a integridade e o armazenamento adequado das amostras. Estas foram analisadas para determinar os níveis de poluição, a partir da medição de parâmetros essenciais como Oxigênio Dissolvido (OD), pH, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e colimetria. A análise forneceu informações fundamentais sobre a qualidade da água, contribuindo para a compreensão das alterações ambientais na área de pesquisa.

Para garantir a precisão e confiabilidade dessas análises, três amostras de água superficial de cada local foram submetidas a análises laboratoriais, que seguiram os protocolos estabelecidos no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, de 2017. Essa abordagem metodológica assegurou que os resultados tivessem se baseado em métodos científicos rigorosos, fornecendo uma base sólida para as conclusões do estudo.

Resultados e Discussão

Para a produção de dados sobre as características, para a coleta de amostras para a análise da qualidade da água e a confecção de mapas, foi possível avaliar empiricamente os impactos nas Áreas de Preservação Permanentes (APPs) dos referidos canais, a partir os resultados obtidos através de cruzamento dos índices de NDVI, de uso e cobertura do terreno e da observação *in loco*, constatou-se o uso inadequado dos espaços no entorno dos canais fluviais. Foram identificadas diferentes tipologias (Quadro 1) associadas aos usos inadequados nos trechos longitudinais dos cursos hídricos, destacando-se as obras que representam intervenções diretas, tais como: pontes, canalização, retificação, estrangulação, arruamentos e barramentos dos canais. Tendo em vista as interferências sociais e, através de

análise de NDVI, observam-se os impactos ambientais negativos nos recursos hídricos da cidade.

Análise de NDVI e as Condições Ambientais dos Córregos Urbanos

Na figura 3 das condições ambientais das APPs, os valores do índice NDVI foram segmentados em quatro classes, sendo três de vegetação: rasteira, intermediária e densa. E uma classe para as áreas construídas, ou seja, onde há ocupação urbana como moradias, vias e infraestruturas. Para as classes de vegetação, a primeira identificada foi a rasteira, que compreende formações como gramíneas e arbustos, sendo predominante em terrenos baldios, áreas de expansão urbana e locais de pastagens. A segunda classe de vegetação é a intermediária, que compreende as formações vegetais em desenvolvimento, como árvores jovens e arbustos de maior porte, presente em locais próximos de transição entre descampados, áreas em recomposição e fragmentos florestais desenvolvidos. O último compreende a classe vegetação densa, onde há a predominância de árvores adultas, vegetação recomposta e invasoras, indicando as condições que são ideais para as APPs que correspondem a 1.164,37 hectares de áreas das microbacias urbanas, conforme destacado na Tabela 1.

Tabela 1 – Percentual das classes de condições ambientais nas APPs.
Vegetação do Canal – Índice de Vegetação por Diferença Normalizada

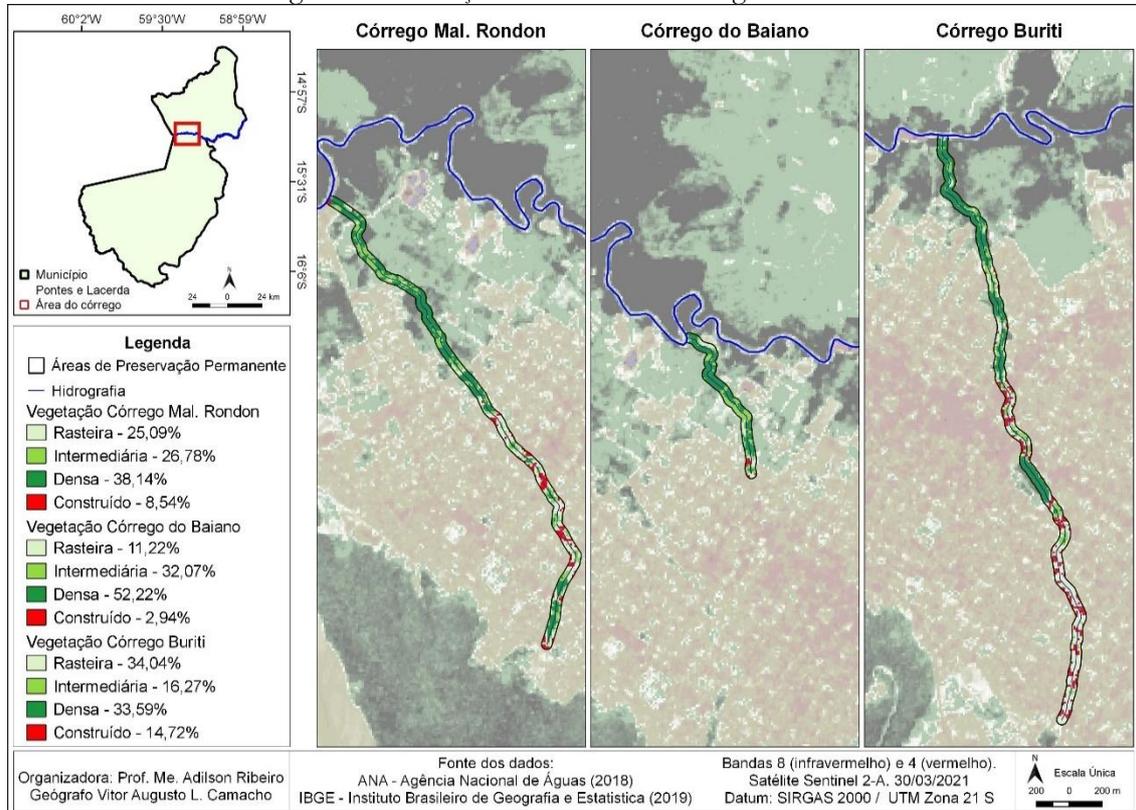
| Vegetação (%) | Índice (NDVI) | Canais Urbanos | | |
|---------------|----------------|--------------------|--------------------|-------------------------|
| | | Buriti (763,91 ha) | Baiano (116,79 ha) | Mal. Rondon (283,67 ha) |
| Rasteira | (> 0,5) | 34,04 | 11,22 | 25,09 |
| Intermediária | (0,5 a 0,69) | 16,27 | 32,07 | 26,78 |
| Densa | (0,7 <) | 33,59 | 52,22 | 38,14 |
| Construído | (-0,01 a 0,14) | 14,72 | 2,94 | 8,54 |

Fonte: Org. Araújo (2021).

A figura 3 demonstra a representação da análise das APPs e os percentuais de vegetação encontrados nos córregos. As alterações das Áreas de Preservação Permanentes, isto é, a degradação das matas ciliares no entorno dos córregos, são visíveis. Ao analisar o Córrego Marechal Rondon, a área de vegetação densa que é predominante próximo a foz, com 38,14% do total da área, as demais classes de vegetação apresentam-se equiparadas entre 25,09% para rasteira e 26,78% para intermediária. Por se tratar de um córrego com nascente

e maior parte do trecho de drenagem em área urbana, as áreas construídas apresentam valores relativamente baixos de 8,54% (Figura 3).

Figura 3 – Avaliação das APPs em Córregos Urbanos.



Fonte: Org. Camacho e Araújo (2020).

Por sua vez, o Córrego do Baiano possui o menor trecho dos três córregos e está localizado nos limites da área urbanizada, contudo, sua nascente se localiza em área urbana. Por isso, os valores de área construída concentram-se nesta região, com 2,94% da área. O restante das classes são as que mais apresentam área de vegetação densa, com 52,22%.

O Córrego Buriti é o mais extenso em área e trecho de drenagem, a maior parte de seu leito está localizada em área urbana, apresentando o valor mais elevado dos três córregos, possui 14,72% de área construída. Contudo, apresenta bons valores de vegetação densa, inclusive no trecho de área urbana, contando com 33,59%. No entanto, apresenta o menor valor de área de vegetação intermediária 16,27%, isto indica a necessidade de medidas de revitalização do canal de modo que no uso e na ocupação do terreno urbano verificam-se as transformações.

Uso e Ocupação da Terra nas Bacias Estudadas

A partir de classes definidas por meio de segmentação não supervisionada e automaticamente após o processamento definiu-se o uso e a cobertura do terreno da área de estudo. A padronização teve um desempenho similar à expansão urbana de outras localidades. Nessa região foi detectada a expansão de sua malha urbana pela adição de moradias locais de migrantes oriundos da zona rural atraídos por oportunidades geradas pela prosperidade do município. A ocupação da bacia hidrográfica do Rio Guaporé, rio principal dos canais urbanos, está vinculada às políticas voltadas para a ocupação do sudoeste de Mato Grosso nas últimas décadas (STEFANELLO; SOUZA; PIERANGELI, 2015). No início, o referido espaço foi marcado pela ocupação da conquista da terra, levando à extração de madeiras e exploração do ouro nas proximidades da sede do município (Lavrinha), onde provocou diversas alterações ambientais na cobertura do terreno e efeitos nocivos aos cursos hídricos.

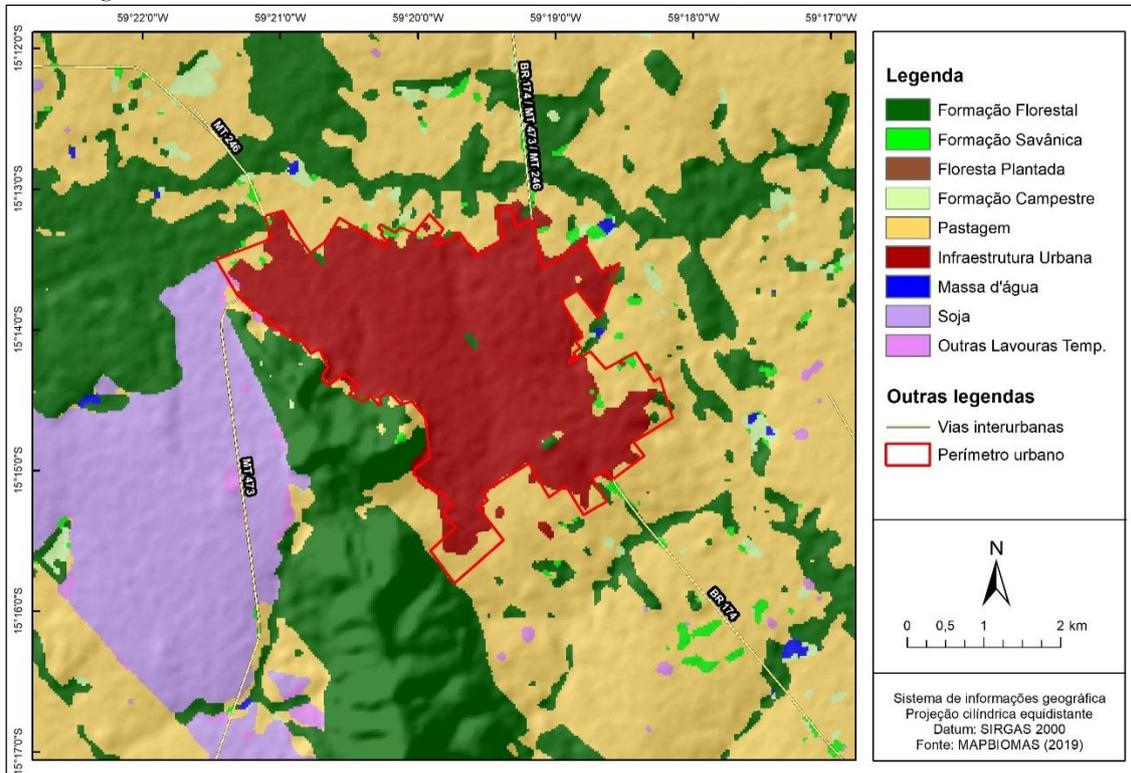
É preciso entender o uso e a ocupação de uma área, especificamente, quando se refere à sub-bacia hidrográfica, pois estes fatores podem gerar impactos. Para Cunha e Guerra (2009), se o terreno de uma bacia hidrográfica for ocupado de forma desordenada, cuja ocupação seja influenciada por políticas e incentivos governamentais, pode provocar mudanças no equilíbrio ambiental.

De acordo com o PMSB (2017), o uso do solo é o reflexo da atividade social no espaço urbano, combinando diferentes tipos de atividades e edificações num espaço específico. Este uso é regulamentado por leis de zoneamento ou de uso e ocupação do solo, que classificam atividades e tipos de assentamentos por zona dentro do núcleo urbano. A ocupação do solo, por outro lado, diz respeito à maneira como as construções são distribuídas num terreno, levando em conta índices urbanísticos como o tipo e o tamanho das edificações, o uso e a ocupação, e a densidade populacional. Estes fatores são determinados pela relação entre o tamanho do terreno e a quantidade de pessoas em cada zona (residencial, comercial, serviços, industrial), influenciando diretamente na definição de uso e ocupação da terra.

Neste caso, o uso e a ocupação desordenada no entorno das microbacias urbanas de Pontes e Lacerda não diferem dos de outros lugares, teve início com a operação de indústrias de beneficiamento de madeiras próximas aos cursos hídricos. Este processo de crescimento urbano acarretou danos impactantes nos canais, por exemplo, retiradas das matas ciliares,

alterações das nascentes, despejo de entulhos, depósitos de rejeitos, assoreamento e desmoronamento de encostas dos córregos, provocando o estrangulamento destes (Figura 4).

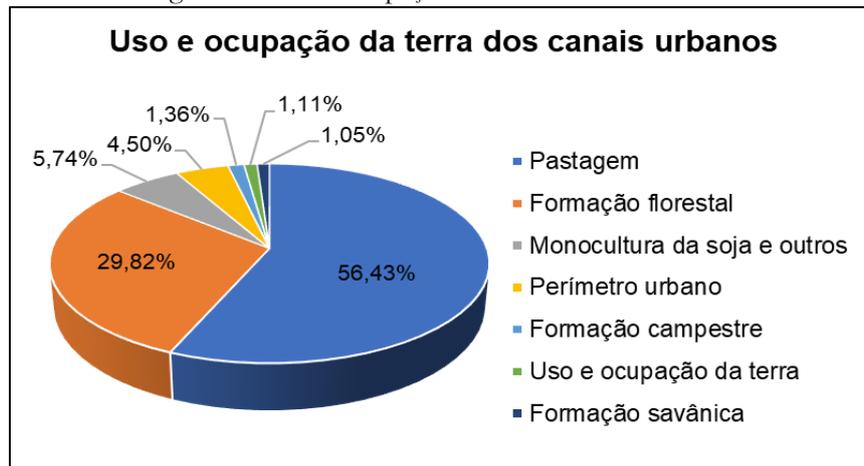
Figura 4 – Uso e cobertura da terra nas microbacias Buriti, Marechal Rondon e Baiano.



Fonte: Org. Araújo (2021).

A expansão urbana desencadeia o surgimento de novos loteamentos e, muitas vezes, sem planejamento adequado como no caso dos referidos córregos urbanos analisados, a margem esquerda da bacia hidrográfica do rio Guaporé. O desenvolvimento do processo ocorreu de jusante à montante nas microbacias, sendo da foz à nascente. Atualmente, o uso e a cobertura do terreno do perímetro correspondem 4,50% conforme o gráfico a seguir, a formação florestal que representa 81,46km² (29,82%), a formação savânica de 1,05%. A formação campestre constitui-se de 1,36%; a área com 56,43% de pastagem impacta negativamente os recursos hídricos e o ambiente. As atividades na área incluem a remoção de florestas para as novas áreas de pastagem, o uso de fogo para limpeza de terreno, a compactação do solo e o pastoreio intenso. Essas práticas resultam na degradação do solo e no aumento de pontos de calor na região, sendo este agravado pelos incêndios na Serra do Patrimônio; o avanço recente da monocultura da soja, cujo valor é 5,74% e o uso e a ocupação da terra conferem 1,11% da área, além da atividade de mineração (Figura 5).

Figura 5 – Uso e ocupação da terra nas microbacias urbanas.



Fonte: Org. Araújo (2021).

Durante as décadas de 1990 e 2000, a cidade experimentou uma expansão significativa. A princípio, ocorreu sem uma política de planejamento urbano definida e apenas em 2008 foi implementado um Plano Diretor, estabelecendo diretrizes para o desenvolvimento de novos bairros e a estruturação dos loteamentos. No entanto, a expansão e a subsequente caracterização dos cursos hídricos trouxeram diversos problemas ambientais, reconhecidos, agora, como desafios significativos para o crescimento urbano sustentável da cidade.

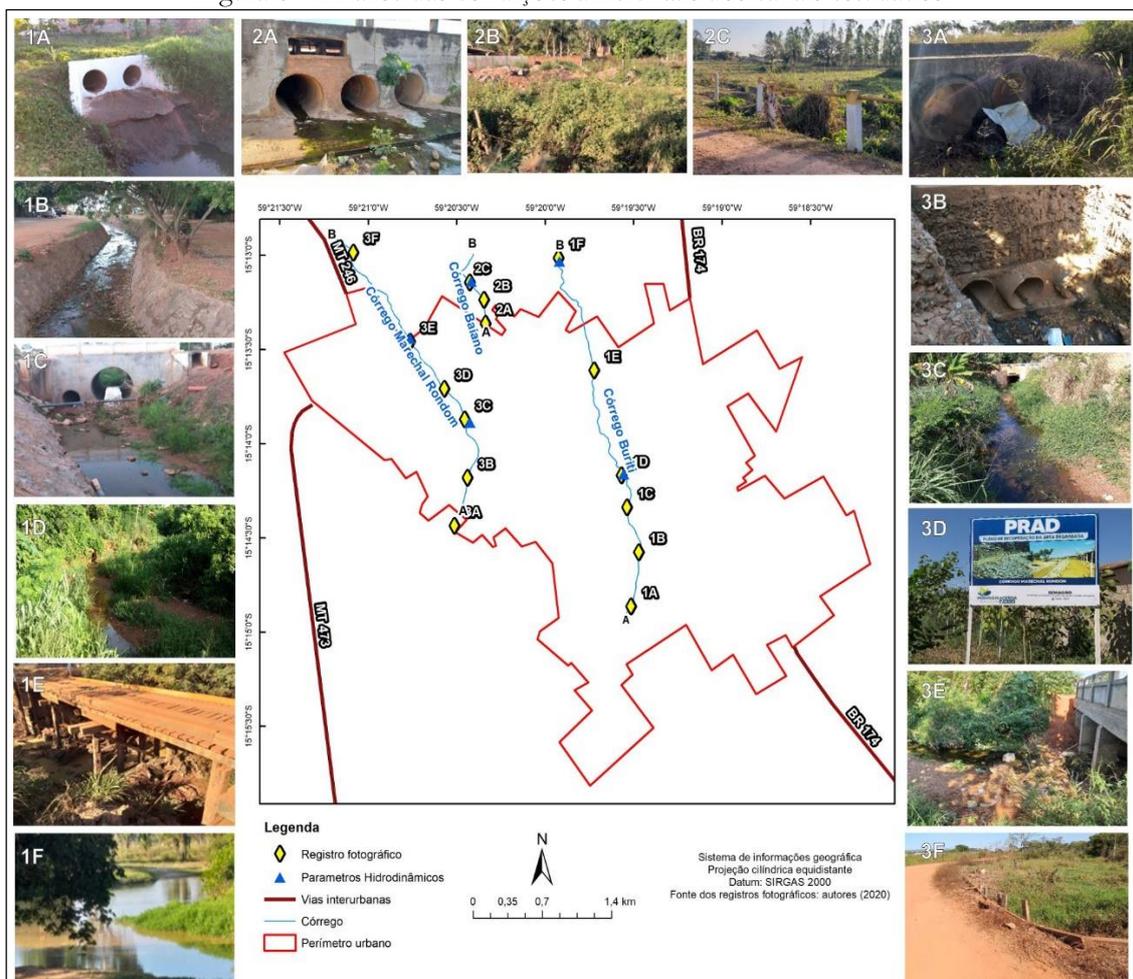
Caracterização e Seção Transversal dos Canais

Na verificação da tipologia dos córregos urbanos, foi levantada a geometria dos canais ao longo da seção transversal, no período de estiagem: largura do canal fluvial (m), profundidade do canal (m) e características de mudanças ambientais das linhas transversais onde ocorreu a hidrometria. O Córrego Buriti apresenta a maior extensão urbana. A nascente se situava próximo ao Parque de Exposição, atualmente a nascente encontra-se desprotegida, entre a travessia da Avenida Quatorze em paralelo à Rua Américo Mazetti, no Bairro Residencial Proença. O canal possui 830 metros de canalização, cuja obra foi realizada na gestão pública na década de 1990, esse duto se inicia na Avenida Minas Gerais e finaliza na Avenida Teodomiro Rodrigues de Souza; sendo que, neste trecho, inexistente a mata ciliar. No médio curso do Córrego Buriti, há vegetação conservada, área com floresta nativa, com espécies da Floresta Amazônica e de Cerrado nas APPs, como, por exemplo, buriti (*Mauritia flexuosa*), denominação do córrego.

As vertentes centrais da cidade são ocupadas por comércios e residências, recebendo os efluentes do sistema de drenagem de águas pluviais, desaguando no Rio Guaporé (PMSB, 2017). Partindo para o baixo curso e a foz, a vegetação natural já foi bastante alterada e, em alguns lugares, encontra-se continuamente substituída por pastagens e capoeiras.

O segundo canal analisado no estudo, o Córrego do Baiano, apresenta situação de degradação mais acelerada do que os demais. Trata-se do menor canal em extensão territorial das microbacias, a nascente se encontra alterada pelo uso e pela expansão urbana. Inicialmente, a nascente se localizava entre as avenidas Florespina Azambuja e Mato Grosso, mas em virtude da pavimentação das ruas e construções, houve a impermeabilização da área, e hoje se observa na proximidade da Avenida Paraná. Convém lembrar que não foi realizada a etapa da vazão hidrométrica, pois se verificou que o canal não apresenta nenhum trecho em que seja possível utilizar o método flutuador. A Figura 6 apresenta os três canais urbanos analisados, respectivamente.

Figura 6 – Análise das condições ambientais dos canais estudados.



Fonte: Org. Araújo, (2021).

O terceiro córrego, o Marechal Rondon, foram observadas mais alterações ambientais, graças à localização em área de urbanização mais antiga. Os solapamentos das margens, as alterações das formas dos canais, consequências das velocidades de fluxos são os possíveis impactos de uso e ocupação (THORP; THOMS; DELONG, 2009; POOLE, 2010). A nascente foi alterada pela ocupação humana, ou seja, ocorreu a migração da nascente por processo antrópico, ocorrendo um deslocamento do canal. Anteriormente se situava na Serra do Patrimônio, mas, atualmente, localiza-se na proximidade da Avenida das Araras (cooperativa), acima da BR 174b, percorrendo um trecho de processo acelerado do avanço urbano. No baixo curso (jusante) do Córrego Marechal Rondon após a Rua Cuiabá, nota-se a presença de pastagens e criação de animais de pequenas propriedades de característica rural (chácaras) até a sua foz no Rio Guaporé.

É perceptível o uso inadequado das margens dos canais hídricos na cidade de Pontes e Lacerda, especialmente nas proximidades dos canais fluviais, isto é, há falta de planejamentos e cuidados com os cursos d'água no perímetro urbano relacionados aos aspectos físicos (uso e ocupação, e vegetação remanescente). Houve diferenças também nas formas de tipologias dos referidos córregos, conforme a caracterização descrita no Quadro 1.

Quadro 1 – Características ambientais das áreas das microbacias pesquisadas.

| Trecho do canal analisado | Seção transversal (ST) Coordenadas | Largura (La) Profundidades (Pf) (m) | Caracterização socioambiental do trecho |
|--|---|-------------------------------------|--|
| 1 - Descrição do Córrego Buriti | | | |
| (A) Av. Quatorze à Av. Minas Gerais | Lat. 15° 14' 70" S Log. 59° 19' 10" O Altitude 279m | La. 2,90m Pf. 1,69m | Nascente com processo de erosão, sem vegetação nativa. A prefeitura realizou o plantio de espécies nativas e não nativas no local. Existe invasão de construção na APP. Neste trecho há estrangulamento do canal, lançamento de esgoto doméstico e resíduos sólidos urbanos. |
| (B) Av. Minas Gerais à Av. Teodomiro R. de Souza | Lat. 15° 14' 90" S Log. 59° 19' 30" O Altitude 273m | La. 7,78m Pf. 1,58m | Início da canalização, ruas sem pavimentação e asfaltadas e calçadas em alguns pontos, casas próximas à canalização, lançamento de esgoto e falta de vegetação às margens. |
| (C) Av. Teodomiro R. de Souza à Rua Ceará | Lat. 15° 14' 20" S Log. 59° 19' 70" O Altitude 259m | La. 10m Pf. 3,54m | O canal apresenta parte com vegetação nativa, em ambas as margens. Com olhos d'água difusas junto aos meandros. O fluxo de água, ou seja, o volume, é maior, e há um acelerado estrangulamento do canal. Tem vegetação de espécies não nativas, ruas pavimentadas e calçamentos em torno desse trecho. |

| | | | |
|--|--|-------------------------|--|
| (D) Rua Ceará à Rua Antonio Bento Neto | Lat. 15° 13' 62" S Log. 59° 19' 73" O Altitude 243m | La 17,64m Pf. 7,30 m | Ruas sem asfaltamento, ponte de madeira e um aprofundamento do leito do rio; casas, construções e resíduos de construção civil, presença de comércio. O canal está muito alterado, com uma cava bastante profunda e concentração de poluição na água. Existem cana-de-açúcar, bananeira e buriti às margens. |
| (E) Rua Antonio Bento Neto ao Rio Guaporé | Lat. 15° 13' 29" S Log. 59° 19' 83" O Altitude 235m | La. 8,21m Pf. 1,85m | O trecho apresenta a maior concentração de vegetação, principalmente, a margem direita do córrego. A mata ciliar encontra-se preservada e não há travessia de ruas nem construções próximas ao canal. |
| (F) Foz do canal – Rio Guaporé | Lat. 15° 13' 06" S Log. 59° 19' 93" O Altitude 230m | La. 8,40m Pf. 2,30m | Na foz, a mata ciliar está conservada, mas, na utilização do local para lazer da população, observa acúmulo de lixo no entorno, além de pastagem (braquiara) e outras espécies não nativas. |
| 2 - Descrição do Córrego do Baiano | | | |
| (A) Avenida Paraná à estrada do pesqueiro do Adalto | Lat. 15° 13' 37" S Log. 59° 20' 33" O Altitude 257m | La. 9,70m Pf. 1,65m | Com o processo erosivo acelerado, a nascente está impermeável pela expansão da cidade. Não existe mata ciliar nem vegetação nativa. Há concentração de pastagem (herbáceas) e atividade pecuária no canal. Presença de casas, ruas e estradas vicinais sem asfalto. |
| (B) Estrada do pesqueiro do Adalto à Rua Guaporé | Lat. 15° 13' 25" S Log. 59° 20' 34" O Altitude 259m | La. 5,20m Pf. 2,20m | Este local de acesso às áreas de extração de areias de construção possui um elevado movimento de caminhões. Há pouco volume de água no leito e ausência de mata ciliar. Observa-se a criação de gados, comércio de ferro-velho e pequenas chácaras no entorno. |
| (C) Rua Guaporé ao Rio Guaporé | Lat. 15° 13' 15" S Log. 59° 20' 42" O Altitude 255m | La. 4,70m Pf. 1,80m | Existência de pastagens (gramíneas) e algumas espécies não nativas. Local de chácaras, residências e comércio de pesqueiro, com estrada sem pavimentação. Trecho analisado do canal com processo de degradação acelerado, sem presença de vegetação nativa às margens do curso d'água. |
| 3 - Descrição do Córrego Marechal Rondon | | | |
| (A) Av. das araras (próximo a cooperativa) à Br 174b | Lat. 15° 14' 44" S Log. 59° 20' 52" O Altitude 327m | La. 2,45m Pf. 1,40m | Avanço do processo urbano, com a nascente alterada, conforme morador. No período chuvoso, o canal tem água desde a Serra do Patrimônio. Comércio de laticínio Coopnoroeste tem três represas de captação de rejeitos da atividade, próximo ao bairro Alto da Glória. Local com avanço no uso e na ocupação de terreno irregular, há um agravante: a acentuada declividade, na encosta de serra. Em um trecho abaixo da nascente, existem casas construídas em cima do leito, segundo um morador do bairro São Pedro. |
| (B) Br 174b à Av. José | Lat. 15° 14' 19" S | La. 4m Pf. 3,32m | Na travessia da BR-174B, localiza-se uma madeireira, no passado foi responsável pelo impacto ambiental do canal. Residências e |

| | | | |
|---|---|------------------------|--|
| Martins Monteiro | Log. 59° 20' 44" O Altitude 306 m | | comércio estão próximos às margens do córrego. Trecho de concentração do crescimento urbano, com ruas asfaltadas e pontes, sendo a maioria de concreto. É visível a degradação do espaço, com resíduos de construção civil às margens. Observa-se o aprofundamento do canal natural por falta de planejamento; não se evitou o acelerado processo erosivo, com profundidade de 10 m e largura de 15m e filete de água no centro. |
| (C) Rua Darci de Freitas Queiroz à Rua Maranhão | Lat. 15° 13' 89" S Log. 59° 20' 44" O Altitude 288m | La. 8,20m Pf. 2,05m | Um percurso que a prefeitura implanta um plano de restauração e a construção de uma ponte de concreto no canal. Em alguns pontos foram feitos plantios de espécies nativas e com ornamentação do local, com bancos e calçadas. Um trecho como possibilidade de alagamento devido à formatação do terreno entorno, com declividade acentuada. A vegetação nativa e a APP encontram-se degradadas, além de possuírem espécies não nativas, capim-colônião e bananeira. |
| (D) Rua Maranhão à Rua Cuiabá | Lat. 15° 13' 71" S Log. 59° 20' 57" O Altitude 282m | La. 6,73m Pf. 3,13m | O trecho de início do crescimento da cidade, bairro Vila Guaporé que, por muito tempo, foi conhecido como "Vila dos Pretos", devido à concentração de negros oriundos da primeira capital de Mato Grosso (Vila Bela). Presença de casas, comércio (mecânica, borracharia e lavagem de carros), algumas ruas sem pavimentação e outras se encontram em obras. Existe parte da vegetação nativa, e um trecho concentra mata ciliar nas duas margens do canal. |
| (E) Rua Cuiabá a estrada do pesqueiro | Lat. 15° 13' 47" S Log. 59° 20' 75" O Altitude 270m | La. 6,53m Pf. 2,13m | Esta parte do córrego se encontra assoreada, com lixo e entulho às margens. Há um morador debaixo do bueiro. Observa-se despejo de animais mortos. A mata ciliar está em parte preservada, mas com espécies não nativas, como bananeira, manga e outras espécies desde a montante até a jusante. |
| (F) Estrada do Pesqueiro Brasil a Foz (rio Guaporé) | Lat. 15° 12' 98" S Log. 59° 21' 08" O Altitude 264m | La. 6,84m Pf. 1,90m | Travessia da estrada de vicinal do Pesqueiro Brasil. Presença de casas, final do bairro mais antigo da cidade. O córrego apresenta pastagens e criação de animais. Há uma pequena parcela de vegetação e mata ciliar no entorno do canal e a 193m da foz no Rio Guaporé. |

Fonte: Org. Araújo (2021).

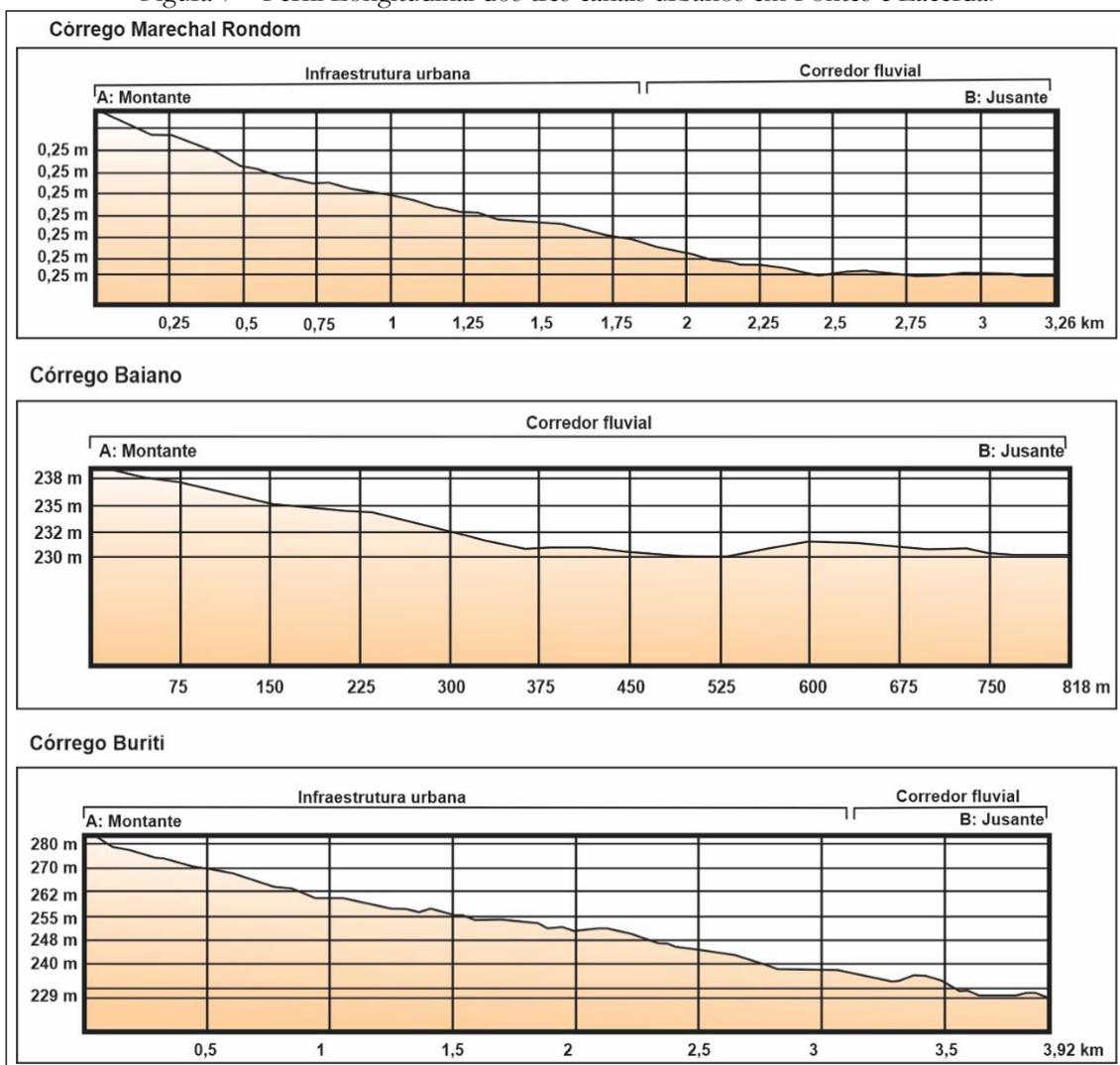
A pesquisa empírica de campo, de modo geral, não verificou preocupação da população com a preservação dos recursos hídricos. Apesar da gestão pública ter fixado placas de proibição e atenção, as pessoas continuam a jogar lixo, a depositar entulhos de construções, e há animais mortos no

decorrer dos canais. Ocorre ainda o barramento, o solapamento de margens, a estrangulação dos canais fluviais a partir de seções transversais.

Perfil Longitudinal dos Córregos

A análise dos canais urbanos estudados, baseada em croquis, permite observar os perfis longitudinais dos córregos, desde a nascente (montante) até a foz (jusante). Esta observação inclui a elevação dos valores de altitude ao longo do terreno por onde cada córrego passa, evidenciando as variações na elevação dentro do canal fluvial. Essas características topográficas são detalhadamente ilustradas na Figura 7, proporcionando uma visão clara da disposição e do relevo ao longo dos canais urbanos.

Figura 7 – Perfil Longitudinal dos três canais urbanos em Pontes e Lacerda.



Fonte: Org. Araújo (2021).

Os canais apresentam certa linearidade, por possuírem declividade pouco significativa do perfil longitudinal, não destacam elevadas altitudes dos córregos, há trechos com acelerados processos erosivos e o estrangulamento dos recursos fluviais urbanos. Contudo, parte da vegetação nativa (matas ciliares) foram retiradas para uso e ocupação da terra. A Figura 7 exibe o perfil longitudinal de montante à jusante de cada canal, analisando a vetorização e as formas do relevo, e, ao caracterizar a distância e altura do terreno, observou-se uma baixa declividade dos canais fluviais. Verifica-se ainda, no baixo curso dos córregos, o solo mais úmido, com a presença de uso de vazantes caracterizada por plantação de culturas temporárias, gramíneas como o capim-colonião (*Panicum maximum* Jacq.) e a braquiária (*Brachiaria decumbens*). Convém salientar que essas espécies de herbáceas inseridas no baixo curso dos canais são destinadas à alimentação do gado leiteiro de pequenas propriedades rurais (chácara), muito utilizadas como fonte de renda das famílias locais.

Medição da Vazão Hidrométrica nos Canais Urbanos

A vazão de um rio compreende o volume que escoar em uma seção transversal em determinada unidade de tempo. Para se realizar a medição da vazão devem ser considerados a área, o perímetro molhado, a profundidade e a largura. De acordo com Santos et al. (2001), conforme já mencionado, o método flutuador identifica a velocidade de deslocamento do objeto flutuante em determinado trecho do rio, medindo o tempo necessário para a conclusão do percurso.

A definição do ponto de ocorrência para a medição no Córrego Buriti foi feita no trecho localizado na Rua Terezinha Coura Garbin, nas seguintes coordenadas Latitude 15° 14' 18" S Longitude 59° 19' 57" O, com uma cota altimétrica de 274 m. A escolha ocorreu por meio de observação de características que corresponderiam às necessidades exigidas para a medição da vazão hidrométrica do canal, ou seja, trecho que apresenta uma linearidade e profundidade maior que 15 cm e sem obstáculo no curso do rio. Após seguir as normas para a utilização do método flutuador, o procedimento foi repetido três vezes para cada medição da vazão hidrométrica.

Na sequência, foi utilizado idêntico procedimento para o Córrego Marechal Rondon, situado na área mais antiga da cidade, portanto, o processo de degradação do canal é mais visível. A tabela 3 apresenta os valores da medição de vazão hidrométrica ocorrida neste canal. O método flutuador, que precisa de algumas condições para acontecer a medição de

vazão, foi realizado na travessia do canal com a Avenida José Martins Monteiro, cujas coordenadas de latitude é de 15° 13' 54" Sul e a longitude de 59° 20' 26" Oeste, e a altitude do ponto de 278,7 metros. A obtenção dos dados, estabeleceu-se a velocidade média de cada objeto flutuador dos dois canais realizando a medição de vazão, conforme a tabela 2.

Tabela 2 – Médias dos valores analisados de área, velocidade e vazão dos Córregos Urbanos.

| Valores da vazão do Córrego Buriti | | | |
|---|--|-------------------------|------------------------|
| Média | Isopor | Garrafa pet vazia | Garrafa 1/3 de água |
| Média Velocidade (m s-1) | 22,40 segs. 0,27m/s | 20,26 segs. 0,30 m/s | 20,6 segs. 0,29 m/s |
| Resultado da vazão | Seção Transversal: 4 m * 0,29 m/s = 1,16 m² - Vazão em litros: 332 L/s | | |
| Valores da vazão do Córrego Marechal Rondon | | | |
| Média | 18,53 segs. | 27,66 segs. | 23,76 segs. |
| Média Velocidade (m s-1) | 0,32 m/s | 0,22 m/s | 0,25 m/s |
| Resultado da vazão | Seção Transversal: 3 m * 0,26 m/s = 0,78 m² - Vazão em litros: 206 l/s | | |

Fonte: Valores coletado (09/06/2021), org. Araújo (2021).

A fim de se obter resultados mais precisos, é necessário realizar a medição da vazão hidrométrica em vários trechos dos córregos ou rios, a qual deve ser feita nos períodos de chuva e seca, para se estabelecer valores de vazão máxima, média e mínima, embora isto não tenha ocorrido neste estudo. Para Destefani (2005), essa variação que acontece com a subida e a descida das águas, no decorrer de um ano civil (janeiro a dezembro) ou ano hidrológico (ciclo de vazante-cheia-vazante) condiz com o regime fluvial ou regime hidrológico.

Assim, a vazão dos canais conforme o seu regime pluviométrico obtido para as sub-bacias se deu através dos dados da estação da Agência Nacional de Água (ANA) posto de Pontes e Lacerda, para série de precipitação. A distribuição de precipitação da série de dados analisada, área que se localiza em terras mais baixas e planas, conforme estudo de Araújo et al. (2020), que demonstrou um total anual com média de 1.356 mm e média mensal de 110,7 mm, em que as deficiências hídricas passam de moderadas a severas. Nas unidades em questão, observa-se uma redução generalizada nos excedentes hídricos, variando de 200 a 600mm, classificados como pequeno a moderado excesso, conforme o Plano Municipal de Saneamento Básico de 2017. Estes córregos urbanos são afluentes da bacia do Rio Guaporé, que faz parte do extenso sistema hidrográfico da Amazônia e está situado dentro das

microbacias. Esta conexão destaca a gestão eficiente dos recursos hídricos na região, dada a sua influência direta no sistema hidrográfico mais amplo.

Amostragem da Qualidade de Água nos Canais

As condições dos canais são justificáveis pela drenagem, enquanto a caracterização da forma, a declividade e a rugosidade são definições importantes na capacidade de transporte de carga das estruturas fluviais. Portanto, as variáveis de limnologia, analisadas, são temporais e espaciais, segundo os diagnósticos da qualidade da água em seu estágio, por meio da interpretação dos vários índices. A verificação da conformidade dos resultados das análises de água e de sedimento, com os padrões de qualidade das águas, seguiram os parâmetros fixados pela legislação. Além de ter sido realizada a verificação das eventuais consequências das atividades antrópicas praticadas nas adjacências sobre a qualidade das águas na bacia hidrográfica do Rio Guaporé.

Nesta fase, para a análise da amostragem da qualidade das águas superficiais, foram escolhidos três pontos em cada canal no dia 9 de junho de 2021, em canais pequenos, lentos e com baixo poder depurativo. A amostragem ocorreu no inverno, período em que ocorre a estiagem, com menores vazões, e pode indicar a fragilidade dos sistemas neste intervalo. Neste caso, foi realizado somente uma amostragem, pois a análise foi realizada no período seco, isto é, maior concentrado e menor volume de água. Todas as amostras são provenientes de locais com atividades impactantes ao curso d'água, tais como: sistemas de produção, adensamento urbano, paisagem e comércio. A primeira coleta de água se efetivou no córrego Marechal Rondon, que se localiza na área urbana e cujo trecho atravessa a cidade por meio de áreas residencial e comercial.

A nascente deste fica na proximidade da Serra do Patrimônio, com alterações significativas. Na área do entorno, o uso e a ocupação da terra são caracterizados por casas, comércios, em especial venda de madeira; e, acima da nascente, há receptoras de derivados de laticínios. Fez-se a coleta de água na Rua Cuiabá, após a tubulação de travessia da referida rua, área acompanhada por pastagem até a sua foz. A partir dos resultados dos parâmetros analisados, a amostra atende aos padrões especificados na Resolução do Conama nº 357/2005. Conforme representado na tabela 3, houve exceção somente nos parâmetros de Oxigênio Dissolvido, os resultados foram semelhantes para as demais amostragens da qualidade da água desses canais urbanos.

Os estudos de Andrietti et al. (2016) e os de Santiago, Jesus e Santos (2016) oferecem *insights* sobre a qualidade da água em áreas urbanas. Os resultados dos primeiros permitem identificar pontos críticos e as variações sazonais e espaciais da qualidade da água, fornecendo diretrizes para o monitoramento e controle da poluição. Esses achados enfatizam a utilidade dos índices de qualidade da água e o estado trófico como ferramentas de gestão, para facilitar a avaliação do impacto das atividades humanas e a elaboração de estratégias para a conservação e a recuperação dos corpos hídricos.

Por sua vez, a pesquisa de Santiago, Jesus e Santos (2016) revelou que a poluição hídrica em áreas urbanas está frequentemente ligada à disposição inadequada de resíduos sólidos e ao lançamento de efluentes domésticos não tratados nos canais fluviais. Um achado preocupante refere-se à concentração de oxigênio dissolvido (OD), a qual, em todos os pontos de amostragem, encontra-se abaixo do limite mínimo estabelecido pela legislação, indicando contaminação da água e a sua inadequação tanto para o consumo humano quanto para a vida aquática.

Tabela 3 – Parâmetros e pesos utilizados no Índice de Qualidade da Água (IQA) dos canais.

| Parâmetros | Unidade de medida | Limite de Quantificação | Canais urbanos | | |
|------------------------|-------------------|-------------------------|----------------|--------|-------------|
| | | | Buriti | Baiano | Mal. Rondon |
| Oxigênio Dissolvido | mg/L | 0,48 | 4,90 | 3,30 | 4,10 |
| Condutividade Elétrica | µS/cm | Faixa: 0,01 a 200 | 146,50 | 316,00 | 216,50 |
| Turbidez | NTU | 0,34 | 7,28 | 2,41 | 2,30 |
| Contagem de E. Coli | NMP/100mL | 1,00 | 120,00 | 92,00 | 74,00 |
| Temperatura da Amostra | °C | Faixa: 1° a 50° | 26,80 | 27,00 | 27,20 |
| pH | - | Faixa: 2 a 13 | 6,97 | 7,60 | 7,56 |

Conama 357/2005 - Tabela I e II - Classe 2 - VMP: Conama 357/2005 - Tabela I e II - Classe 2 - Águas Doces. Coleta das amostras: 9 de junho de 2021. Fonte: Hidroanálise (RIBEIRO-NETO; LIMA, 2021). Org. Araújo (2021).

A segunda coleta foi realizada no menor canal estudado, o Córrego Baiano, cuja maior parte se localiza em uma área caracterizada com agropecuária, criação de animais e hortas comerciais. A nascente está completamente impermeabilizada, ou seja, não se encontra mais na localidade de origem, devido à expansão da cidade. Percebe-se bastante poluição proveniente de resíduos sólidos dos loteamentos próximos, especialmente restos de construções. Já a terceira amostra de água ocorreu, praticamente, na foz do Córrego Buriti, embora o local seja um pouco isolado da malha urbana, apresenta pastagem de pequenas chácaras na sua foz.

A análise da qualidade da água em Pontes e Lacerda, com foco nos córregos urbanos, revelou uma situação crítica em relação ao parâmetro coliforme fecais. Especificamente, no Córrego Buriti, foi observada uma contagem elevada de coliformes, com um valor de NMP/120ml, destacando-se dos outros canais estudados. Essa elevação indica uma poluição ambiental significativa, afetando diretamente a laguna na qual o córrego desemboca. Contrastando com essa descoberta, os resultados gerais indicaram que os córregos urbanos de Pontes e Lacerda, em sua maioria, estão em conformidade com os padrões ambientais. Isso se reflete em parâmetros como a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), que se manteve abaixo de 5, um indicativo de baixa presença de material biodegradável e uma qualidade de água classificada como normal.

Este estudo utilizou as Resoluções Conama 357/2005 e 430/2011 como referência para os padrões de qualidade. Embora a maioria dos parâmetros tenha demonstrado conformidade com essas normas, a presença elevada de coliformes fecais no Córrego Buriti ressalta a urgência de um monitoramento contínuo. Além disso, evidencia a necessidade de implementar medidas eficazes para combater a poluição hídrica, especialmente a decorrente de lançamentos inadequados de resíduos sólidos e efluentes domésticos.

O estudo também notou que, apesar da variação na contaminação por coliformes fecais, os outros elementos analisados nos três canais apresentaram variações consistentes, sugerindo um padrão na dinâmica da ocupação urbana e no impacto ambiental nos canais. Esta observação reforça a importância de uma gestão ambiental integrada, que considere todos os aspectos da dinâmica urbana nos esforços de preservação da qualidade da água.

Além disso, o estudo reforça a importância de gerenciar recursos hídricos e melhorar o saneamento ambiental. Para tal, propõe-se a criação de um banco de dados espacial e temporal detalhado, facilitando a gestão eficaz da água e incentivando a participação comunitária na preservação do ambiente aquático. Essa abordagem integrada não só melhora a qualidade da água nos córregos urbanos, mas também contribui para um ambiente saudável e sustentável em Pontes e Lacerda.

Conclusões

Este artigo teve como objetivo realizar uma investigação empírica e exploratória acerca das características e tipologias dos canais urbanos, com ênfase para o uso e a ocupação do solo e os seus impactos nas bacias urbanas das APPs. No contexto da rápida expansão

urbana, verificaram-se fenômenos como estrangulamento e assoreamento na morfologia fluvial, considerados comuns em córregos de grandes centros urbanos no Brasil, incluindo áreas interioranas como Pontes e Lacerda. A urbanização dessas microbacias contribuiu para as alterações na largura e profundidade dos cursos d'água, resultando em perda de volume em seus leitos, além de pontos de estrangulamento e contaminação da água por efluentes domésticos e industriais, apresentando coliformes fecais em alguns canais. A remoção da vegetação natural e a degradação da qualidade da água também foram observadas.

Tais alterações enfatizam a importância de uma gestão responsável e sustentável das microbacias, em particular, pois que elas alimentam o Rio Guaporé, uma fonte vital de água para a região. Problemas como assoreamento e deterioração da qualidade da água ressaltam a necessidade urgente de medidas de conservação. A pesquisa realçou o valor das geotecnologias no estudo ambiental dos canais, permitindo uma observação pormenorizada das condições de cada um.

Além disso, a pesquisa reforça a necessidade de um planejamento urbano que respeite a dinâmica natural das bacias hidrográficas, buscando mitigar impactos negativos e promover a revitalização dos recursos hídricos. Por essa razão, a educação ambiental da população é fundamental para o sucesso dessas iniciativas, pois aumenta a compreensão sobre a importância da preservação dos recursos naturais e o papel da comunidade nesse processo.

Por fim, os resultados deste estudo visam inspirar novas abordagens e pesquisas sobre e em outras microbacias urbanas. Recomenda-se que a gestão municipal trate os canais artificiais ou degradados, enfrentando os desafios associados com soluções inovadoras e adaptativas. Os casos estudados são reflexos de uma realidade nacional, evidenciando a necessidade de uma gestão efetiva e dedicada aos cuidados de microbacias e córregos urbanos, integrando ações públicas voltadas para a melhoria e sustentabilidade ambiental.

Referências

ANA. **Dados Automáticos**. Disponível em: <<http://www.snirh.gov.br/hidroweb/>> Acesso em: 16 nov. 2023.

ANDRIETTI, G. et al. Índices de qualidade da água e de estado trófico do rio Caiabi, MT. **Revista Ambiente & Água**, v. 11, p. 162-175, 2016.

ARAÚJO, A. R. et al. The relationship between relief and climate at subregional scale in the southwest of Mato Grosso state, Brazil. In: COLLOQUE DE L'ASSOCIATION INTERNATIONALE DE CLIMATOLOGIE, 33., 2020, Rennes (França). **Actes colloque...** Rennes - França: Actes colloque AIC, p. 73-78, 2020.

Atlas de Mato Grosso: abordagem socioeconômico-ecológica / Lígia Camargo, (org.). -- Cuiabá, MT: Entrelinhas, 2011.

BRASIL. **Lei n. 12.651, de 25 de maio de 2012.** Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm>. Acesso em: 15 jan. 2020.

CAPOANE, V.; F, M. Alterações antropogeomorfológicas na bacia hidrográfica Córrego Lajeado, Campo Grande – MS. **Geosp**, v. 27, n. 2, p. 1-24, 2023. doi.org/10.11606/issn.2179-0892.geosp.

CASTRO, R. M. C. et al. Structure and composition of the stream ichthyofauna of four tributary rivers of the upper Rio Paraná basin, Brazil **Ichthyological Exploration of Freshwaters.**, v. 16, n. 3, p. 193-214, 2005.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais.** São Paulo: Editora Blucher, 1999.

CUNHA, S. B. **Bacias hidrográficas.** In: CUNHA, S. B., GUERRA, A. J. T. (Org.) **Geomorfologia do Brasil.** Rio de Janeiro: Ed. Bertrand do Brasil, 1998.

CUNHA, S. B. Morfologia dos canais urbanos. In: POLETO, C. (Org.). **Ambiente e sedimentos.** Porto Alegre: ABRH, p. 329-360, 2008.

CUNHA, S. B. Geomorfologia Fluvial. In: CUNHA, S. B.; GUERRA, J. T. **Geomorfologia: Exercícios, técnicas e aplicações.** 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand do Brasil, 2009.

CUNHA, S. B. Canais fluviais e a Questão ambiental. In: CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. (Orgs.). **A questão ambiental: diferentes abordagens.** 6. ed. Rio de Janeiro: Editora Bertrand Brasil, 2010.

CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. Degradação ambiental. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Org.). **Geomorfologia e meio ambiente.** 7. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009.

DESTEFANI, E. V. **Regime Hidrológico do Rio Ivaí-PR.** 2005. 94f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Pós-graduação em Geografia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2005.

FUNARO, J. S. et al. Médio curso da bacia hidrográfica do córrego Piraputangas, no município de Cáceres–Mato Grosso: uso da terra e alterações ambientais. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 15, n. 06, p. 2831-2852, 2022.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Impactos ambientais urbanos no Brasil.** 10. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2013.

GUERRA, A. J. T.; MARÇAL, M. S. **Geomorfologia ambiental.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.

HADDAD, I.; PETRI, C. A. Análise da mudança no uso e cobertura da terra na UGRHI Tiête/Jacaré com dados Mapbiomas entre 1985 E 2019. In: VI Jornada de Gestão e Análise Ambiental. **Anais...** São José dos Campos, p. 1-5, 2020.

IBGE. **Municípios**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mt/pontes-e-lacerda/panorama>>. Acesso em: 15 nov. 2023.

INMET. **Estações Automáticas**. <<http://2019tacoes/estacoesAutomaticas>>. Acesso em: 10 out. 2021.

JACOBI, P. R. Governança da água no Brasil. IN: RIBEIRO, W. C. (Org.). **Governança da água no Brasil: uma visão interdisciplinar**. São Paulo: Annablume, Fapesp, CNPq, 2009.

KONCAGÜL, E. **Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos, 2017**. Programa Mundial das Nações Unidas para Avaliação do Recurso Hídrico Gabinete do Programa de Avaliação Global da Água. Divisão de Ciências Hídricas. 2017. Disponível em: <<http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002475/247552por.pdf>> Acesso em: 5 set. 2021.

MAPBIOMAS. **Download**. Disponível em: <<https://mapbiomas.org/download>>. Acesso em: 6 mar. 2021.

MING, T. C.; TSE, W.; LIU, H. Estimativa de albedo, temperatura e NDVI do Estado de São Paulo através de dados AVHRR do satélite NOAA. In: X CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 1998. São Paulo. **Anais....** São Paulo: IAG/USP, 1998.

MORENO, G.; HIGA, T. C. S. **Geografia de Mato Grosso: território, sociedade, ambiente**. 2. ed. Cuiabá: Entrelinhas, 2017.

OLIVEIRA, É. D.; VESTENA, L. R. Alterações na morfologia de canais fluviais na área urbana de Guarapuava (PR). **Ambiência Guarapuava**, v. 8, p. 757-773, 2012.

PALHARES, J. C. P. et al. Medição da vazão em rios pelo método do flutuador. Embrapa Suínos e Aves-Comunicado Técnico. **Infoteca-E**, 2007. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/443939>>. Acesso em: 20 jul. 2021.

Plano Municipal de Saneamento Básico: Pontes e Lacerda -MT./ Organizado por Eliana Beatriz Nunes Rondon Lima, Paulo Modesto Filho e Rubem Mauro Palma de Moura. Cuiabá-MT: EdUFMT, 2017.

PONZONI, F. J. et al. **Sensoriamento Remoto da Vegetação**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2012.

POOLE, G. C. Stream hydrogeomorphology as a physical science basis for advances in stream ecology. **Journal of the North American Benthological Society**, v. 29, n. 1, p. 12-25, 2010.

PROJETO MapBiomas. **Coleção 5 da Série Anual de Mapas de Uso e Cobertura da Terra do Brasil**. Disponível em: <https://mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas-1?cama_set_language=pt-BR>. Acesso em: 7 de jun. 2021.

RIBEIRO-NETO, F. C.; LIMA, E. A. **Hidro Análise** – laboratório de análises ambientais. Relatório de Ensaio 4233/2021.0. A. Cuiabá: Hidroanálise Laboratório de Análises Ambientais, 2017.

ROUSE, J. W. et al. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. **Third ERTS Symposium, NASA**, SP-351 I, p. 309-317, 1973.

SANTOS, I. et al. **Hidrometria Aplicada**. Curitiba: Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento, 2001.

SANTIAGO, B. E. C.; JESUS, T. B; SANTOS, L. B. O. Avaliação da qualidade da água no perímetro urbano de Riachão do Jacuípe, Bahia, Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 9, n. 4, p. 1058-1071, 2016.

STEFANELLO, L. E. S.; SOUZA, C. A.; PIERANGELI, M. A. P. Solo e ocupação do entorno do Córrego das Pitãs no perímetro urbano de Araputanga, Mato Grosso. **Rev. Geoaraguaia**, v. 5, n. 2, p. 133-155, 2015.

SILVA, V. R. A utilização do método de flutuadores na medição da vazão do rio Biguaçu no Estado de Santa Catarina. In: ENCONTRO NACIONAL DE GEÓGRAFOS, 18., 2016. São Luís. **Anais...** São Luís: AGB, 2016.

SUGUIO, K.; BIGARELLA, J. J. **Ambiente fluvial**. 2 ed. Florianópolis: ed. UFSC, 1990.

THORP, J. H.; THOMS, M. C.; DELONG, M. D. **The riverine ecosystem synthesis: toward conceptual cohesiveness in river science**. Lawrence, KS: Elsevier, 2010.

TUCCI, C. E. M. Plano diretor de drenagem urbana: princípios e concepção. **RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 2, n. 2, p. 5-12, 1997.

TUCCI, C. E. M. Águas urbanas. In: TUCCI, C. E. M. **Gestão das inundações Urbanas**. Porto Alegre: Instituto de Pesquisas Hidráulicas, 2005.

TUCCI, C. E. M. Águas urbanas. **Estudos Avançados**, v. 22, n. 63, p. 97-112, 2008.

Recebido em: janeiro de 2022

Aceito em: dezembro de 2023