

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

FRANCIELE DE ALMEIDA MANARI

**DIAGNÓSTICO AMBIENTAL MULTIDIMENSIONAL DO RIO DO CAMPO NO
MUNICÍPIO DE CAMPO MOURÃO (PR)**

RELATÓRIO TÉCNICO

CAMPO MOURÃO

2023

FRANCIELE DE ALMEIDA MANARI

**DIAGNÓSTICO AMBIENTAL MULTIDIMENSIONAL DO RIO DO CAMPO NO
MUNICÍPIO DE CAMPO MOURÃO (PR)**

Relatório técnico apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).
Orientador: Professor Dr. Elton Celton de Oliveira
Coorientador: Professor Dr. Eudes José Arantes

CAMPO MOURÃO

2023



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Mapa de localização do município de Campo Mourão (PR), com ênfase na microbacia do Rio do Campo	14
Figura 2 - Mapa de declividade da microbacia do rio do Campo, Campo Mourão (PR)	22
Figura 3 - Mapa de uso e ocupação do solo do município de Campo Mourão (PR)	24
Figura 4 - Conflitos de uso do solo com demarcação de dois limites de proteção das áreas de preservação permanente em Campo Mourão (PR) e pontos de coletas	27
Figura 5 - Trecho do ponto 1 do Rio do Campo no Município de Campo Mourão (PR)	29
Figura 6 - Trechos do ponto 2 do Rio do Campo no Município de Campo Mourão (PR)	30
Figura 7 - Trechos do ponto 3 do Rio do Campo no Município de Campo Mourão (PR)	32
Gráfico 1 - Climograma do município de Campo Mourão (PR), com dados de temperatura e precipitação média mensal dos últimos 20 anos	23
Gráfico 2 - Porcentagem de uso do solo - <i>buffer</i> de 30m	26
Gráfico 3 - Porcentagem de uso do solo - <i>buffer</i> de 50m	26
Quadro 1 - Pontuação do Índice BMWP para as famílias de macroinvertebrados	19
Quadro 2 - Resultado multidimensional	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classes de qualidade ambiental conforme valores do BMWP	20
Tabela 2 - Classes de declividade e sua representatividade por ponto amostral em percentual (%) e área (hectare - ha).....	21
Tabela 3 - Resultados da análise do protocolo de avaliação rápida aplicada nos trechos do Rio.....	34
Tabela 4 - Táxons amostrados e número total de indivíduos nos pontos 1, 2 e 3, no mês de junho de 2022 no Rio do Campo	36
Tabela 5 - Táxons amostrados e número total de indivíduos nos pontos 1, 2 e 3, no mês de fevereiro de 2023 no Rio do Campo.....	37

SUMÁRIO

1	APRESENTAÇÃO	5
2	INTRODUÇÃO	7
3	OBJETIVO	10
4	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	11
5	METODOLOGIAS APLICADAS	12
5.1	Área de estudo e delimitação dos pontos amostrais.....	12
5.2	Desenvolvimento cartográfico	14
5.3	Aplicação do Protocolo de Avaliação Rápida (PAR).....	16
5.4	Procedimentos para coleta dos macroinvertebrados bentônicos ...	17
5.4.1	Procedimento laboratorial para avaliação dos macroinvertebrados bentônicos	17
5.5	Análise de dados	18
6	DADOS E INFORMAÇÕES OBTIDAS	21
6.1	Produtos cartográficos: caracterização da macroescala	21
6.2	Protocolo de Avaliação Rápida de Rios (PAR)	28
6.2.1	Caracterização dos pontos amostrais	28
6.3	Resultado da aplicação do protocolo de avaliação rápida	33
6.4	Análise de macroinvertebrado bentônicos	35
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	39
	REFERÊNCIAS.....	40

1 APRESENTAÇÃO

Este Relatório Técnico foi desenvolvido por meio da pesquisa realizada no programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos (PROFÁGUA) no polo da Universidade Tecnológica do Paraná (UTFPR), Campo Mourão-Paraná. Teve por intuito colaborar com a melhoria da gestão do recurso hídrico através de análises ambientais.

A presente pesquisa buscou realizar um diagnóstico multidimensional em três trechos da microbacia hidrográfica do Rio do Campo, no município de Campo Mourão (PR). Os pontos de amostragem foram estabelecidos da seguinte forma: P1: área localizada na região à montante da microbacia, com áreas agrícolas em seu entorno, mas com vegetação ciliar preservada; P2: área média da bacia, no início do perímetro urbano do município de Campo Mourão; P3: área mais próxima a jusante do rio, em um local bastante urbanizado do município e com pouca vegetação ciliar. O estudo versou sobre parâmetros que contemplam tanto a macroescala quanto a microescala espacial e ocorreu em duas épocas do ano: período seco (junho) e chuvoso (fevereiro). A macroescala foi obtida a partir da elaboração de mapas de declividade, climograma, uso e ocupação do solo e análise dos limites das Áreas de Proteção Permanentes (APP) na bacia. Na microescala utilizou-se do Protocolo de Avaliação Rápida de Rios (PAR), o qual permitiu a análise de 22 parâmetros locais para delimitação da qualidade ambiental, e também a composição da comunidade de macroinvertebrados bentônicos, que se constituem de excelentes indicadores biológicos. Os produtos cartográficos permitiram identificar maior declividade no P1, bem como confirmaram APPs mais preservadas e estruturadas no local, obedecendo aos limites legais de 30 e 50 m. O P2 obteve um grande percentual de cobertura vegetal, porém constituída basicamente por gramíneas e arbustos, com evidente sedimentação no local. O P3 apresentou a maior mudança no uso e ocupação, com predominância de áreas urbanas em seu entorno e com APPs em desconformidade com a legislação. A partir dos resultados do PAR foi possível classificar o P2 como área alterada nas duas épocas do ano e P1 e P3 ainda como áreas naturais. A partir da composição dos macroinvertebrados e do cálculo do índice biótico foi possível estabelecer que todos os pontos amostrais apresentaram algum grau de fragilidade ambiental, em ambas as épocas de amostragem, sendo o P1 uma área cuja qualidade da água foi categorizada como aceitável (junho e fevereiro), o P2 apresentou

qualidade classificada como crítica (duas coletas) e o P3 como questionável (junho)/aceitável (fevereiro). A partir da junção das dimensões analisadas foi possível estabelecer que o P2 apresentou uma convergência de problemas e menor qualidade, seguido pelo ponto P3.

2 INTRODUÇÃO

Os problemas ambientais em grande escala exigem a necessidade de compreender e explicar a relação do homem com o meio ambiente e como esta relação afeta e gera impacto ambiental, a fim de encontrar possíveis soluções e implementar medidas corretivas para encorajar a conservação e a utilização adequada dos recursos naturais.

Neste contexto, o planejamento ambiental voltado para a gestão de bacias hidrográficas pode reduzir ou impedir a ocorrência de efeitos danosos nos ecossistemas aquáticos, decorrentes da ação antrópica desordenada. Além disto, pode servir para orientar a ocupação humana para que sejam resguardadas as áreas destinadas à preservação ambiental, a fim de efetivar a conservação dos recursos naturais (SILVA; SANTOS; GALDINO, 2016).

De acordo com a Lei Federal nº 9.433/97, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, uma bacia hidrográfica é considerada uma unidade territorial. No entanto, este território passa a ser uma área de conflitos e impactos diretos, o que tem implicações prejudiciais para seus elementos naturais, bem como para os habitantes (CARVALHO, 2020). Deste modo, entende-se que as bacias hidrográficas são unidades sistêmicas que não podem ser divididas, apenas entendidas e aproveitadas racionalmente como um complexo que envolve todos os elementos da natureza.

No Brasil, os mananciais superficiais são classificados e enquadrados conforme os usos preponderantes das águas, de modo que as características físico-químicas e biológicas precisam obedecer a certos limites de tolerância, conforme a classe de enquadramento do manancial. As classes mais restritivas para o uso são as classes “especial” e “1” e as mais permissivas são as classes 3 e 4 (BRASIL, 2005). Além disso, essa mesma resolução CONAMA (nº 357/2005) prediz que não devem ser observados efeitos toxicológicos em organismos bioindicadores expostos as águas de corpos hídricos classes especial, 1 e 2.

Outro instrumento de suma importância para a gestão dos recursos hídricos brasileiros é a resolução CONAMA nº 430/2011, a qual estabelece os critérios e os limites máximos de tolerância de inúmeros parâmetros físico-químicos e biológicos no lançamento de efluentes, de modo a respeitar a classificação e enquadramento do corpo hídrico em questão. Esses instrumentos atuam em conjunto para a gestão e regulação hídrica.

A bacia hidrográfica do Rio do Campo, em Campo Mourão (PR), é um exemplo de unidade territorial que apresenta diferentes usos, sendo destinada não apenas ao abastecimento público, mas também a dessedentação de animais, diluição de esgoto tratado e outros resíduos, além do abastecimento de pulverizadores para aplicação de defensivos agrícolas (SILVA; SANTOS; GALDINO, 2016). Esse manancial é enquadrado como classe II segundo a Resolução nº 357/2005 do CONAMA e, portanto, moderadamente restritivo, sendo observado atividades antrópicas ao longo de todo o seu curso, principalmente na área que envolve o município e a jusante, o que denota uma necessidade de acompanhamento da qualidade de suas águas.

Visto que, a qualidade da água de uma bacia hidrográfica está ligada diretamente as condições naturais e do uso e ocupação do solo da área, afim de que, os componentes que alteram seu grau de pureza e disponibilidade podem ser determinados por análises de inúmeros parâmetros, a partir de suas características físicas, químicas e biológicas (VON SPERLING, 2007). Deste modo, para um diagnóstico completo é importante considerar a macro e a microescala espacial. A primeira abrange a escala dos parâmetros geomorfológicos e de uso e ocupação da área de drenagem da bacia (paisagem). A macroescala pode ser avaliada por meio de elaboração de mapas, pois o mapeamento do território estudado é útil para sistematização, interpretação e comunicação de resultados para a gestão e avaliação. Enquanto que a segunda escala trata de fatores pontuais ou locais, que podem ser mensuradas por meio de parâmetros físico-químicos da água e biológicos. Para a microescala existem diversos mecanismos e protocolos de avaliação, sendo muito comum o uso do Índice de Qualidade de Água (IQA), o Índice de Estado Trófico da Água e Programas de Biomonitoramento. Além destes, tem-se utilizado o Protocolo de Avaliação Rápida de Rios (PAR), o qual contempla 22 parâmetros locais para delimitação da qualidade ambiental (CALLISTO *et al.*, 2002).

Nos programas de Biomonitoramento é comum a utilização da comunidade de macroinvertebrados bentônicos, visto que são considerados excelentes indicadores biológicos da qualidade dos ecossistemas aquáticos, pois são amplamente distribuídos, abundantes e de fácil coleta. São relativamente sedentários, assim, podem representar uma condição local, além disso, apresentam ciclo de vida longo, capaz de registrar a qualidade ambiental (METCALFE, 1989).

A presente pesquisa objetiva realizar uma caracterização de diferentes dimensões da paisagem na microbacia hidrográfica do Rio do Campo, associando características em macroescala (geomorfologia e uso e ocupação) com critérios em microescala (pontuais), tais como características dos habitats e estrutura da comunidade de macroinvertebrados. Este conjunto de variáveis permitirá uma compreensão mais holística da situação da bacia, permitindo que ações mitigadoras sejam implementadas.

Em face do exposto, a realização desta pesquisa visa responder a seguinte pergunta: Qual a atual situação ambiental do Rio do Campo localizado no município de Campo Mourão (PR), em decorrência dos processos antrópicos e atividades exercidas sobre esta área?

3 OBJETIVO

Realizar um diagnóstico multidimensional sobre a qualidade ambiental do Rio do Campo, Campo Mourão (PR), visando à sustentabilidade urbano-ambiental.

4 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O Rio do Campo é afluente da margem esquerda do Rio Mourão o qual deságua no Rio Ivaí. Na área ocupada pela bacia, os solos são originários de rochas básicas de origem vulcânicas, o alto curso da bacia, área que se localizam nascentes, o solo possui sua origem arenítica, formação Caiuá, os solos existentes na bacia são do tipo Latossolo Vermelho e Argiloso Vermelho (COLAVITE, 2008).

Ao analisar e compilar algumas pesquisas já desenvolvidas sobre a temática por outros pesquisadores na mesma área de estudo ou nas proximidades, verificou-se o processo de ocupação e expansão urbana e como estas interferem nas dinâmicas da mata ciliar e nas águas do Rio do Campo.

Um destes estudos foi realizado por Silva e Gasparetto (2016), no qual apontam resultados que evidenciam a influência da precipitação e do escoamento superficial na qualidade da água, isto é, devido ao aporte de sedimentos ao corpo hídrico. Entretanto, os valores de Demanda Bioquímica de Oxigênio e de Oxigênio Dissolvido se mantiveram dentro do Valor Máximo Permitido (VMP) estipulados pela Resolução nº 357/2005 do CONAMA, em todas as campanhas.

Para Crispim *et al.* (2019), a concentração de metais em corpos hídricos é fortemente influenciada pela litologia da região, lixiviação natural de sistemas fluviais, tamanho e forma das bacias de drenagem, condições climáticas e prováveis ações antrópicas. Consideram os parâmetros analisados, que o Rio do Campo sofre maior influência das atividades humanas, decorrentes do processo de urbanização, industrialização e uso e ocupação do solo.

Considerando que diversos autores tenham realizado estudos sobre a qualidade da água no Rio do Campo e em áreas próximas a desta pesquisa e apontado em seus resultados diagnósticos variados. Em nenhum destes se discutiu sobre os dados cartográficos, PAR's associados aos macroinvertebrados bentônicos. Esta avaliação conjunta tem objetivo de obter um diagnóstico completo, rápido e de baixo custo.

5 METODOLOGIAS APLICADAS

5.1 Área de estudo e delimitação dos pontos amostrais

A microbacia hidrográfica do Rio do Campo é considerada como uma das principais bacias hidrográficas que abrange o município de Campo Mourão (PR), estando situada na Mesorregião Centro Ocidental no Terceiro Planalto Paranaense (MAACK, 2002).

O município possui altitude média de 550 metros em relação ao nível do mar e está localizado no setor médio entre os rios Ivaí e Piquiri (MINEROPAR, 2006). Contudo, a microbacia em questão corre em direção ao rio Ivaí que, por sua vez, deságua na região do Alto Rio Paraná (COLAVITE, 2009).

A microbacia do Rio do Campo possui 237,25 km² de área, cerca de 140 km² no município de Campo Mourão e 98 km² no município de Peabiru (PEABIRU, 2007), (CRISPIM *et al.*, 2012). Conforme previsto no Plano Diretor Municipal de Campo Mourão (PR) (2007), o Rio do Campo é utilizado para o abastecimento de água de 67% da população do município, bem como para dessedentação de animais e descarte de efluentes tratados urbanos.

O clima da região é subtropical mesotérmico e existe uma pluviosidade significativa ao longo do ano, alcançando 1800 mm anuais. Segundo Köppen (1900), a classificação do clima é Cfa, tendo uma temperatura média de aproximadamente 21,0 °C.

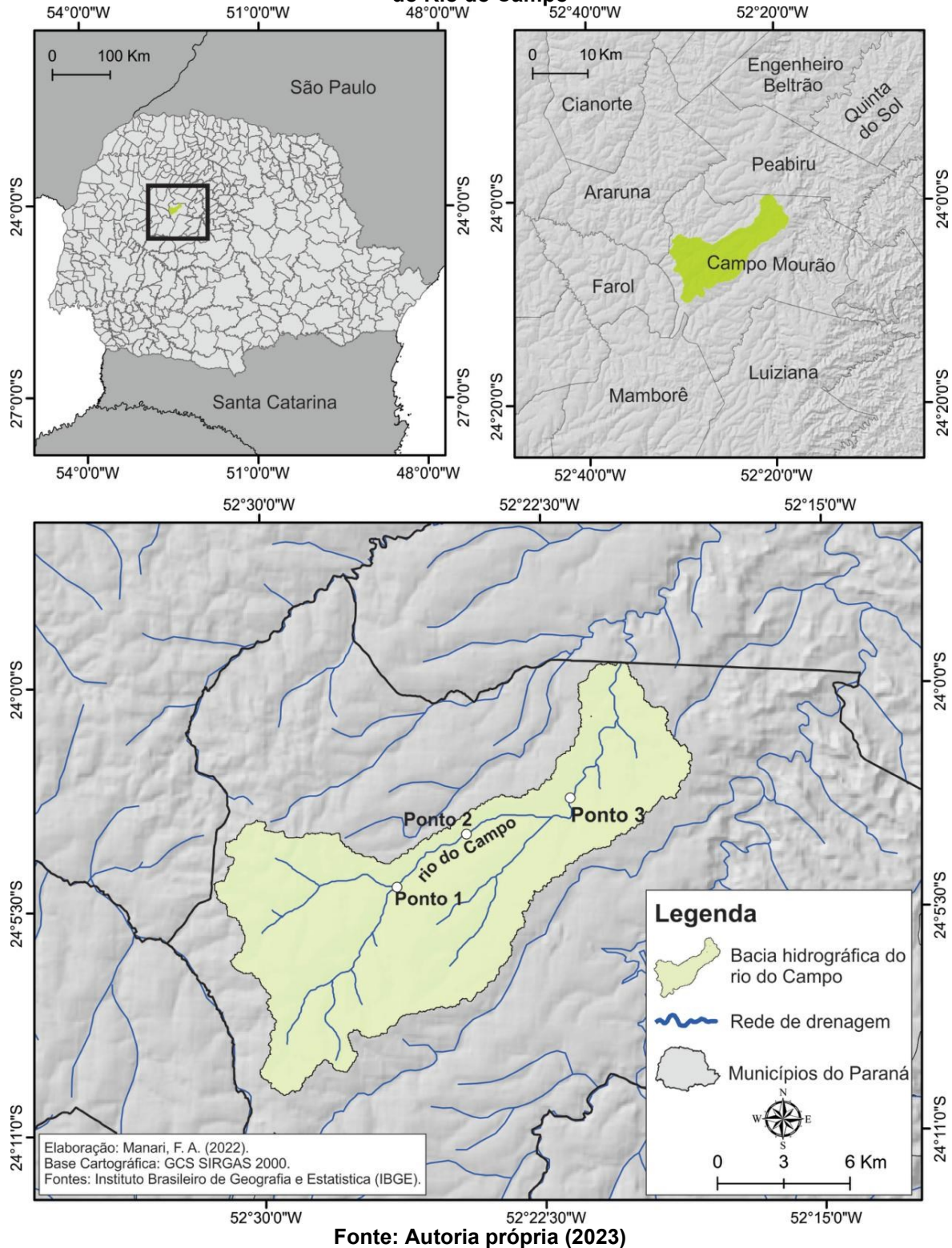
Em relação à fitofisionomia da região, a área da bacia está situada em uma região de transição entre Floresta Ombrófila Mista e Estacional Semidecidual e, portanto, com predomínio do bioma Mata Atlântica. Contudo, também se observa a presença de relictos do bioma Cerrado, o que enriquece a diversidade de plantas observadas na região. Ao longo de toda a área de drenagem da microbacia do Rio do Campo é observada intensa atividade agropecuária e uma urbanização relevante na sua porção média, denotando uma forte modificação da paisagem original.

As características geomorfológicas e as mudanças no uso do solo, observadas no território que compõe a bacia de drenagem do Rio do Campo, mostram um ambiente bastante diversificado e modificado, com diferentes níveis de fragilidade ambiental. No alto curso da bacia verifica-se elevados índices de dissecação do terreno, associados ao processo de escavação das vertentes pelos canais e extensas áreas agropecuárias. O médio curso da bacia é a que apresenta menores índices de

declividade, conseqüentemente a área de menor fragilidade ambiental, porém com uma relevante ocupação urbana (aproximadamente 100.000 habitantes). O baixo curso da bacia apresenta ruptura do relevo e na seqüência medianos índices de declividade, e no processo de ocupação do solo, sofre impactos ambientais com variadas magnitudes, o que interfere diretamente na dinâmica da bacia como um todo, como observado in loco, evidenciando-se alta mecanização e baixa diversidade agrícola, assim como pequenas parcelas de área preservadas (CIBOTO; COLAVITE, 2017).

Neste contexto, buscou-se estabelecer três pontos de amostragem ao longo da microbacia do Rio do Campo (Figura 1), os quais foram determinados da seguinte forma: 1- Ponto a Montante (P1): situado na área superior da microbacia, com influência de atividades agropecuárias e vegetação ciliar relativamente preservada; 2- Ponto Médio Curso (P2): a área está situada na região do médio curso da microbacia, com influência mista entre área urbana e agropecuária, com vegetação ciliar presente, porém alterada; 3 - Ponto Jusante (P3): está localizado na porção final da área urbanizada do município de Campo Mourão, próximo ao Parque Municipal Joaquim Teodoro de Oliveira, consiste em construções residenciais em seu entorno, tendo evidentes lacunas nas áreas de vegetação ciliar.

Figura 1 - Mapa de localização do município de Campo Mourão (PR), com ênfase na microbacia do Rio do Campo



5.2 Desenvolvimento cartográfico

Para um melhor entendimento da paisagem que envolve toda a área da microbacia hidrográfica do Rio do Campo, torna-se importante conhecer as

características do terreno, bem como a situação de uso e ocupação da área. A partir disso, foram elaborados os seguintes produtos cartográficos: mapa de declividade, mapa de Climograma, mapa de uso e ocupação do solo e mapa com a delimitação dos limites de proteção das áreas de preservação permanente (buffer).

Para o mapa de declividade, as faixas de declividade do terreno foram subdivididas de acordo com Santos *et al.* (2018): 0 a 3%, 3 a 8%, 8 a 20%, 20 a 45%, 45 a 75% e maior que 75%. O mapa de orientação das vertentes foi elaborado a partir da grade de orientação e suas faixas subdivididas em 8 classes de acordo com a rosa dos ventos (N, NE, L, SE, S, SO, O, NO), utilizado para o desenvolvimento o MDE Topodata.

Para o climograma foram utilizados os dados obtidos a partir da base do Agritempo, que é um sistema de monitoramento meteorológico. Nessa base, foi possível acessar os dados meteorológicos de temperatura e pluviosidade dos últimos 20 anos para o município de Campo Mourão. Os dados foram manipulados em planilhas de Excel para calcular a média mensal de temperatura e pluviosidade, a qual foi expressa em elemento gráfico para facilitar a compreensão.

No mapa de uso e ocupação do solo foram obtidos dados da base CBERS-4, sendo o processo de classificação realizado no *software Ecognition*. Realizou-se a análise por ponto amostral, considerando um trecho de 150 m. Essa definição ocorreu após a visita in loco nos Ponto 1, 2 e 3, considerando os trechos analisados no Protocolo de Avaliação Rápida de Rios (PAR) e no inventário de Macroinvertebrados Bentônicos, cujos métodos estão descritos a seguir. Para cada ponto, foram colocados a Latitude e Longitude correspondente na base de dados, obtendo-se a porcentagem e os hectares para as seguintes classes de usos: culturas temporárias, vegetação, pastagem e área urbana. A mesma metodologia foi aplicada considerando toda a área territorial drenada pela microbacia do Rio do Campo, visando observar o mapa de uso e ocupação geral.

Na elaboração do produto cartográfico para avaliar os conflitos de uso do solo foram estabelecidos os limites de proteção das áreas de preservação permanente (buffer), usando como base as demarcações legais para APP's no âmbito federal (30m) e municipal (50m).

Os mapeamentos dos produtos cartográficos foram realizados a partir do uso dos seguintes materiais e base de dados de tecnologia da informação: *Aplicativo SIG Qgis versão 3.4.1.5, Software Spring versão 3.4.15, Software Corel DRAW X7 (64*

bits), *Software Global Mapper 17*, *Software E Cognition Developer 64* versão 9.01, *Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)*, *Google e Satélite CBERS (Sensor MUX)*.

5.3 Aplicação do Protocolo de Avaliação Rápida (PAR)

Em cada ponto amostral foi avaliado um trecho de 150 m de extensão para delimitação da pontuação do PAR, sendo realizada uma amostragem no período historicamente considerado “seco” e outra no período historicamente considerado “chuvoso”. A primeira coleta ocorreu no dia 01 de junho de 2022 (período seco), no período da tarde, entre as 14h e 18h sob condições climáticas semelhantes, variando de tempo nublado a garoa localizada e passageira. Nos dias que antecederam a coleta (48h), nenhum evento de chuva intensa foi observado, de modo a interferir na amostragem (DIAS, 2016). A segunda amostragem foi realizada no dia 22 de fevereiro de 2023, também no período da tarde, entre as 14h e 17h e as condições climáticas eram de chuva moderada. E nos dias que antecederam a coleta, as condições foram chuvosas (DIAS, 2016).

A avaliação nos trechos dos três pontos definidos dentro da área de estudo seguiu o protocolo de avaliação rápida de rios, baseado na metodologia de Callisto *et al.* (2002). Esse protocolo é composto por dois quadros, sendo que o primeiro se refere a aferição dos principais impactos ambientais, no que tange a preservação da mata ciliar, o nível de cobertura do leito, o grau de erosão e sedimentação, presença de odor e óleo na água e sedimento.

O segundo quadro tem como finalidade avaliar as condições e diversidade do habitat e o seu grau de conservação, versando sobre critérios como: tipos de fundo e diversificação de substratos, presença e frequência de corredeiras, sedimentação ou outras alterações no canal, estabilidade das margens e extensão da vegetação.

Esse conjunto de 22 parâmetros (10 no primeiro e 12 no segundo quadro) foi pontuado um a um com notas variando de 0 a 4 no primeiro quadro ou 0 a 5 no segundo quadro. O sistema de pontuação de cada ambiente seguiu as observações das condições e conceitos preestabelecidos no protocolo, conforme descrição presente no anexo para cada parâmetro. O resultado final do protocolo para cada ponto deriva do somatório de cada valor atribuído aos parâmetros avaliados de forma independente.

Segundo Callisto *et al.* (2002), os valores obtidos de 0 a 40 pontos indicam trechos “impactados”; de 41 a 60 pontos indicam ambientes “alterados” e valores

acima de 61 pontos representam ambientes “naturais”, ou seja, sem degradação ambiental. O valor dos resultados da somatória obtidos por meio da aplicação do protocolo de avaliação rápida nos três pontos amostrados reflete o estado de conservação ecológica dos ambientes.

5.4 Procedimentos para coleta dos macroinvertebrados bentônicos

Nos mesmos pontos e data de aplicação do PAR foram realizadas as coletas de macroinvertebrados bentônicos, seguindo a metodologia proposta por pesquisadores da EMBRAPA (SILVEIRA *et al.*, 2004), sobre coleta e preparação de amostras de macroinvertebrados bentônicos em rios e riachos.

Considerando que em cada ponto se observou quatro tipos de substratos predominantes: I- folhiços em áreas de correnteza; II- folhiços em áreas de remanso; III- seixos e cascalhos; IV- sedimentos não consolidados (argila, silte e areia), os mesmos foram considerados na amostragem. Em cada ponto se coletou três réplicas de cada tipo de substrato, totalizando 12 amostras/ponto. No total foram obtidas 36 amostras.

Para a coleta dos exemplares utilizou-se o amostrador Surber (30 x 30 cm e micrômetros de abertura de malha) em cada um dos pontos amostrais, sendo realizados os seguintes procedimentos: 1- posicionamento do Surber contra a correnteza para sua fixação na área de amostragem no leito do rio; 2- mineração do sedimento/substrato contido na área de 900 cm² do Surber, de modo a filtrar as partículas e reter os exemplares na rede coletora; 3- o material recolhido foi transferido para sacos plásticos (50 X 80 X 0,12 cm), cuidadosamente identificados conforme o ponto amostral e o substrato (I a IV). Em seguida, se fez a fixação das amostras em álcool etílico a 70%, previamente preparado.

5.4.1 Procedimento laboratorial para avaliação dos macroinvertebrados bentônicos

Para o procedimento de preparo e conservação das amostras no laboratório foram utilizadas as seguintes etapas: lavagem, flutuação (ou pré-triagem), triagem e identificação dos organismos. Essa etapa foi realizada no mesmo espaço físico, no laboratório Profágua da UTFPR.

Foram retirados dos substratos amostrados conforme Silveira *et al.* (2004), (folhas, pedras, galhos, perifíton, algas, areia) dos sacos plásticos foram colocados

em um sistema com duas peneiras metálicas acopladas (25 cm de diâmetro x 10 cm de altura cada uma), sendo que a de cima é revestida com uma malha superior à da rede do coletor Surber utilizado, e abaixo, outra peneira com malha de mesmo tamanho daquela usada no coletor (250 micrômetros). Em seguida, utilizou-se cuidadosamente de água corrente para filtrar os exemplares.

Após a lavagem, foi colocado o restante das amostras em bandejas plásticas translúcidas com capacidade para 3 litros, nas quais havia uma solução preparada supersaturada de açúcar (BRANDIMARTE; ANAYA, 1998). Fez-se, uma solução de 500 g de açúcar para 2 litros de água. Este procedimento tem como objetivo fazer os macroinvertebrados mais leves flutuarem, por serem menos densos do que a solução supersaturada. O objetivo da flutuação é facilitar e otimizar a triagem na lupa estereoscópica, pois os espécimes maiores e mais leves irão flutuar, enquanto que os mais pesados irão para o fundo da bandeja. A flutuação serviu como uma pré-triagem dos organismos bentônicos.

Deste processo, os organismos foram capturados com pinça cirúrgica e transferidos para frascos de vidro transparente de 3 ml com álcool a 70% e etiquetados (etiquetas com as mesmas informações usadas nos sacos plásticos para coleta). Os vidros foram guardados em uma estante à temperatura ambiente e agrupados de acordo com o ponto de coleta e substrato.

A amostra e os organismos triados na etapa de flutuação foram examinados em uma lupa estereoscópica com aumento de até 45 vezes e os dados planilhados em Excel, foram identificados com auxílio de chave de identificação Mugnai *et al.* (2010), em nível de ordem e família.

5.5 Análise de dados

A partir de estatística descritiva, com estimativas de frequência percentual e cálculo de média e desvio padrão, os dados foram sumarizados para plotagem de gráficos e/ou tabelas.

No caso dos macroinvertebrados, utilizou-se o índice biótico BMWP (*Biological Monitoring Working Party*), segundo Alba-Tercedor e Sánchez-Ortega (1988), o qual confere uma pontuação qualitativa de 1 a 10, conforme o grau de resiliência dos animais bentônicos por família (Quadro 1), sendo os maiores valores para aqueles organismos com maior sensibilidade à poluição orgânica e os menores para os organismos de maior tolerância à contaminação.

Quadro 1 - Pontuação do Índice BMWP para as famílias de macroinvertebrados

Família	Pontuação
E: Siphonuridae, Heptageniidae, Leptophlebiidae, Potamanthidae, Ephemeridae P: Teeniopterygidae, Leuctridae, Capniidae, Periodidae, Perlidae, Chloropertidae T: Phryganeidae, Malannidae, Berocidae, Odontoceridae, Leptoceridae, Goeridae, Lepidostomatidae, Brachycentridae, Sericostomatidae D: Athericidae, Blephariceridae H: Aphelocheiridae C: Lampyridae	10
T: Psychomyiidae, Philopotamidae, Glossosomatidae O: Lestidae, Calopterygidae, Gomphidae, Cordulegasteridae, Aeschnidae, Corduliidae, Libellulidae C: Astacidae	8
E: Ephemerellidae, Prosopistomatidae P: Nemouridae T: Rhyacophillidae, Polycentropodidae, Limnephilidae, Ecnemidae	7
M: Neritidae, Viviparidae, Ancyliidae, Thiaridae, Unionidae T: Hydroptilidae C: Gammaridae, Atyidae, Corophiidae O: Platycnemididae, Coenagrionidae	6
E: Oligoneuriidae, Polymitarcidae C: Dryopidae, Elmidae, Helophoridae, Hydrochidae, Hydraenidae, Clambidae T: Hydropsychidae, Helicopsychidae D: Tipulidae, Simuliidae PI: Planariidae, Dendrocoelidae, Dugesidae	5
E: Bestidae, Caenidae C: Halipidae, Curculionidae, Chrysomelidae D: Tabanidae, Stratiomyidae, Empididae, Dolichopodidae, Dixidae, Sciomyzidae, Ceratopogonidae, Anthomyidae, Limoniidae, Psychodidae, Rhagionidae Mg: Sialidae PI: Piscicolidae A: Hidrocarina	4
H: Mesovellidae, Hydrometridae, Gerridae, Nepidae, Naucoridae, Pleidae, Vellidae, Notonectidae, Corixidae C: Helodidae, Hydrophilidae, Higrubiidae, Dytiscidae, Gyrinidae M: Valvatidae, Hydrobiidae, Lymnaeidae, Physidae, Planorbidae, Bithyniidae, Bythinellidae, Sphaeriidae Hr: Glossiphoniidae, Hirudinidae, Erpobdellidae C: Asellidae, Ostracoda	3
D: Chironomidae, Culicidae, Muscidae, Thaumaleidae, Ephydriidae	2
O: Oligochaeta (Todas as Famílias) D: Syrphidae	1

Legenda: E- Ephemeroptera; P- Plecoptera; T- Trichoptera; D- Diptera; H- Hemiptera; O- Odonata; C- Coleoptera ou Crustacea; M- Mollusca; PI- Plathyelmintes; Mg- Megaloptera; A- Arachnida; Hr- Hirudinida

Fonte: Adaptado de Alba-Tercedor e Sánchez-Ortega (1988)

O grau de contaminação dos pontos foi obtido pela soma dos valores individuais de todas as famílias presentes. Os pontos que obtiverem o somatório dos valores ≥ 61 pontos são considerados de aceitáveis a limpos e os que tiverem valores ≤ 60 pontos são considerados impactados a poluídos, conforme Tabela 1:

Tabela 1 - Classes de qualidade ambiental conforme valores do BMWP

Classe	BMWP	Categoria	Diagnóstico
I	>150	Bom	Água Limpa
	101-150		Limpa ou não alterada significativamente
II	61-100	Aceitável	Limpa, porém levemente impactada
III	36-60	Questionável	Moderadamente impactada
IV	15-35	Crítico	Poluída ou impactada
V		Muito crítico	Altamente poluída

Fonte: Alba-Tercedor e Sánchez-Ortega (1988)

6 DADOS E INFORMAÇÕES OBTIDAS

6.1 Produtos cartográficos: caracterização da macroescala

Com base no mapa temático de declividade, constatou-se que, em geral, na bacia hidrográfica ocorre o predomínio da classe “plano” de 0 a 3%, seguida da “suave ondulado” de 3 a 8%, “ondulado” de 8 a 20%, “forte ondulado” de 20 a 45%, a qual é mais observada próximo às nascentes na direção noroeste, e, por último, a classe “montanhosa” de 45 a 75%, com pequenos e esparsos pontos na área da bacia (Figura 2).

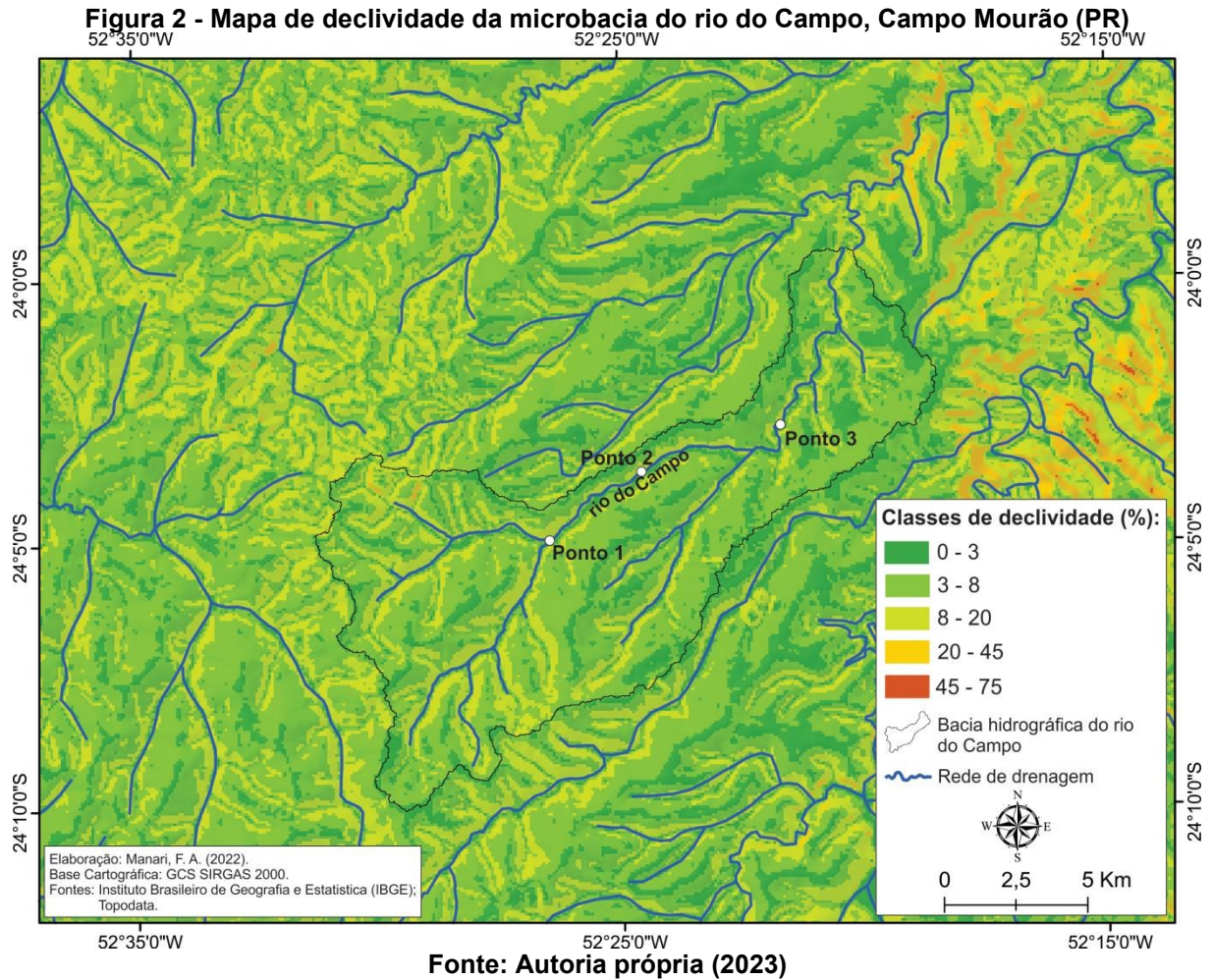
Tabela 2 - Classes de declividade e sua representatividade por ponto amostral em percentual (%) e área (hectare - ha)

Classes	Categoria	P1		P2		P3	
		%	ha	%	ha	%	ha
0 a 3%	Plano	57	4	46	3.2	44	3.1
3 a 8%	Suave ondulado	25	1.75	44	3.1	46	3.2
8 a 20%	Ondulado	18	1.25	10	0.7	10	0.7
20 a 45%	Forte ondulado	0	0	0	0	0	0
45 a 75%	Montanhoso	0	0	0	0	0	0

Fonte: Autoria própria (2023)

O P1 apresentou maior representatividade de áreas planas ou suaves onduladas, porém com uma importante contribuição de áreas de maior declividade, visto que cerca de 18% do território se enquadrou na categoria ondulada (Tabela 2). Nos P2 e P3 observou-se que 90% do território se enquadrou nas categorias de áreas planas ou suaves onduladas, com menor representatividade de áreas mais declivosas.

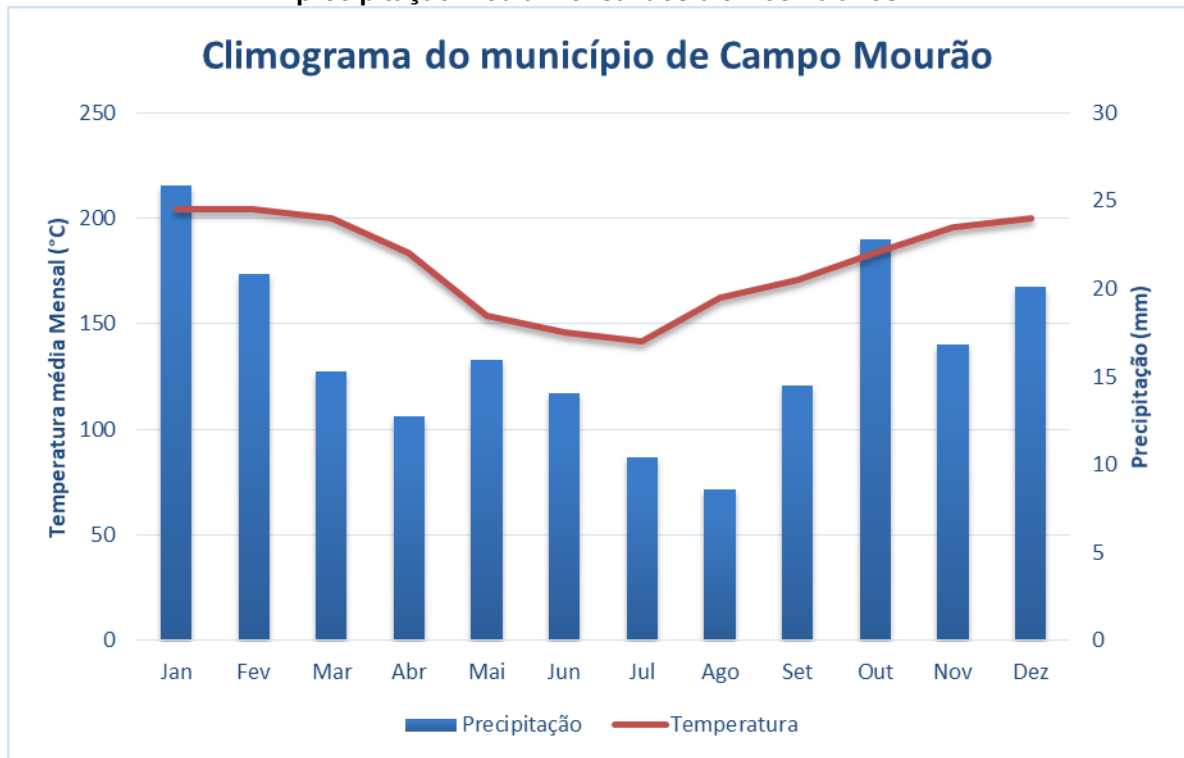
Em uma análise espacial da divisão dessas classes, de maneira geral percebemos que a declividade mais acentuada esteve presente nas áreas de nascentes e que está mais próximo do P1. Já nos P2 e P3 observou-se predominância de declividades menores.



A partir do climograma verificou-se que o mês mais seco foi agosto, o qual teve uma média histórica de 87 mm de precipitação, enquanto que o mais chuvoso foi janeiro com média de 212 mm. O mês mais seco tem uma diferença de precipitação de 125 mm em relação ao mês mais chuvoso (Gráfico 1).

A temperatura média do mês mais quente do ano foi de 24.0 °C (janeiro) e a do mês mais frio foi de 16.6 °C (julho). Durante os últimos 20 anos as temperaturas médias variaram 7.4 °C. O mês com maior umidade relativa foi fevereiro (79,08 %) e a menor foi registrada em setembro (65,17 %).

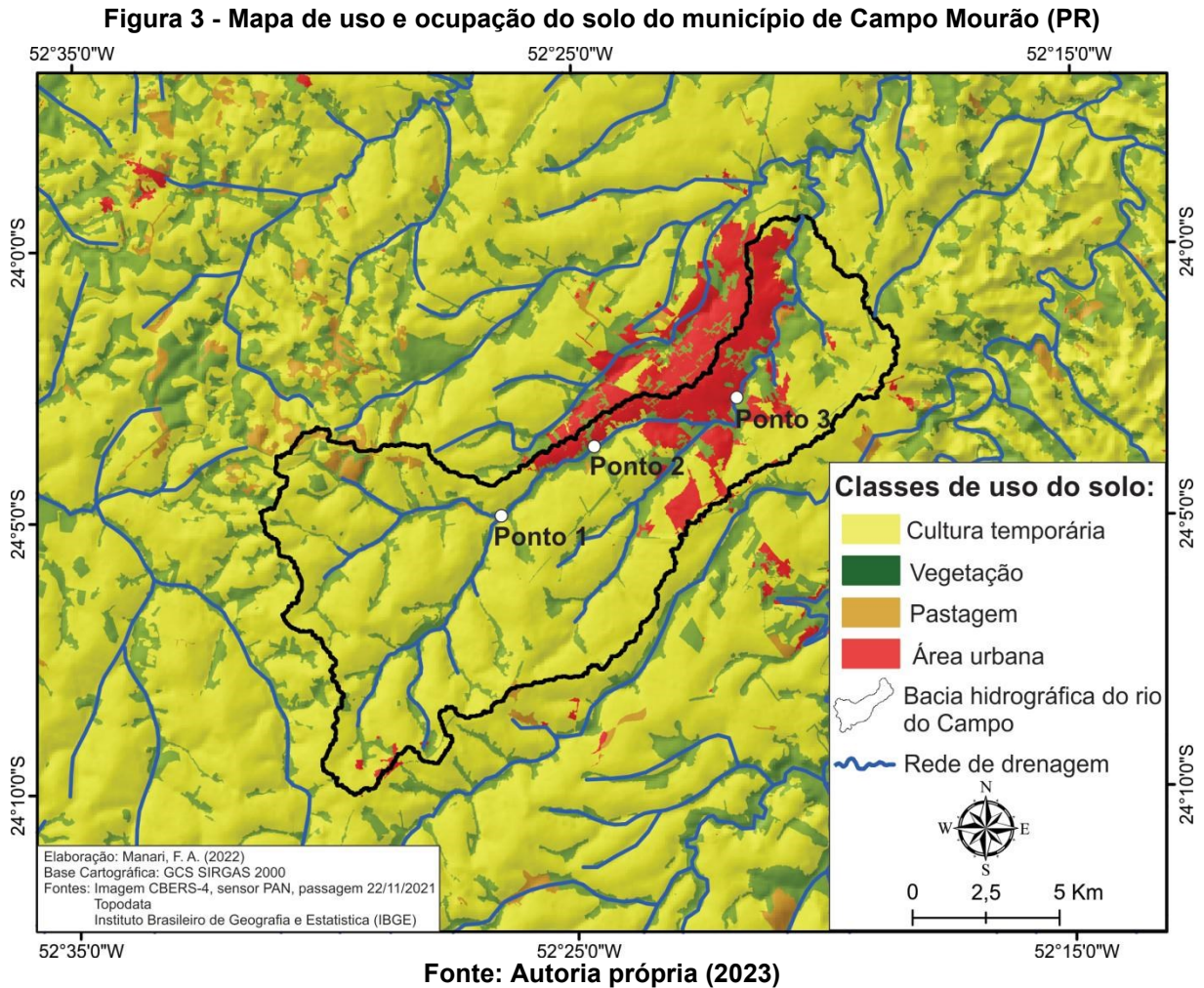
Gráfico 1 - Climograma do município de Campo Mourão (PR), com dados de temperatura e precipitação média mensal dos últimos 20 anos



Fonte: Autoria própria (2023)

Considerando o mapa de uso e ocupação do solo para toda a microbacia hidrográfica do Rio do Campo, verificou-se que, de modo geral, houve uma predominância de culturas temporárias (Figura 3). O principal plantio de cultura agrícola observado nessa região é a soja, cuja safra ocorre no período de primavera/verão, ou seja, entre setembro e março. O milho predomina na segunda safra, entre os meses de março e abril, tendo a sua colheita entre julho e agosto. Já na cultura de inverno se destaca nessa região a cultura de aveia, sendo que seu plantio ocorre entre maio e julho (COAMO, 2023).

Portanto, de um ponto de vista geral, a paisagem da microbacia é essencialmente agrícola e certamente afetada pelas técnicas de manejo dessas culturas. Problemas relacionados à má conservação do solo, o uso inadequado de defensivos agrícolas e o cultivo em áreas de APPs são questões globais que devem influenciar a qualidade geral da água do Rio do Campo. Porém, características pontuais podem conter/filtrar ou agravar a situação, a depender do cenário local.



Observando pontualmente apenas as áreas de entorno dos pontos amostrais (150 m), se observou no ponto P1 o predomínio da vegetação natural, correspondendo a 70,9% da área (4,9 ha), seguida por áreas de pastagens com 19,9% (1,4 ha), culturas temporárias com 9,2% (0,7 ha) e ausência de áreas urbanas. No segundo ponto (P2) foi observado 98% (6,8 ha) de cobertura vegetal, seguida por 1% (0,1 ha) de culturas temporárias, 1% (0,1 ha) de ocupação urbana e ausência de pastagens. Por fim, no ponto P3 observou-se que pontualmente já há uma maior ocupação urbana, a qual corresponde a 50,3% do ponto. As áreas de vegetação corresponderam a 49,7% e não foram observadas áreas de culturas anuais ou pastagens.

Ao analisar somente a área específica no entorno de cada ponto foi possível constatar que a vegetação natural é predominante em P1 e P2, mas não em P3. Em visita aos locais foi possível constatar que a vegetação do P1 era caracterizada por um predomínio de espécies nativas, com a presença de árvores de maior porte e uma visível estratificação da floresta nas APPs remanescentes. Por outro lado, no P2 a

vegetação era mais baixa e uniforme, com muitas gramíneas associadas, demonstrando que a área sofre com pressão de desmatamento e de outras atividades humanas, mesmo com o mapa de uso e ocupação apontando para 98% de presença de vegetação. No P3 a urbanização já interfere fortemente no desenvolvimento da vegetação nas áreas de APPs, sugerindo uma maior descontinuidade da mata ciliar.

É importante salientar que em todos os pontos se observou áreas de lacuna vegetacional nas APPs, conferindo uma preocupação à qualidade das águas do rio, visto que as matas ciliares agem como barreiras físicas e filtros à poluição (MARMONTEL; RODRIGUES, 2015), bem como servem de corredor ecológico e de abrigo para uma grande diversidade de organismos, que no conjunto prestam diversos serviços ecossistêmicos fundamentais à qualidade ambiental, relacionados, por exemplo, a produtividade dos corpos hídricos, a redução do escoamento superficial, a retenção da erosão e sedimentação dos rios e controle hídrico (TELES; SANTOS; PINHEIRO, 2022).

Nos pontos localizados no perímetro urbano do município, principalmente em P3, constatou-se o perigoso avanço das áreas de ocupação e moradia da população e suas atividades sobre a vegetação remanescente, tendo em vista que a população está crescendo e que possivelmente, em um futuro muito próximo, esse cenário poderá se tornar um problema ainda maior para o abastecimento do município.

Os conflitos de uso do solo feito através dos buffers de delimitações das APP's do Rio do Campo foram produzidos com imagem Google da área, a fim de evidenciar a realidade física das margens e área de captação, tomando como pressuposto o uso do solo no município.

Os conflitos de uso do solo feito com o buffer de 30 m revelam cada item por Km², hectares e porcentagem como disposto no (Gráfico 2). A vegetação corresponde a 1,03 km², 103 hectares e 63,03% de vegetação. Na cultura temporária temos 0,24 km², 24 hectares com 14,68% da área com plantio. Para a área urbana são 0,295 km², 29,5 hectares e 18,05% de área urbanizada. Já a pastagem, são 0,058 km², 5,8 hectares e 4,24% com pasto.

Os conflitos de uso do solo feito com o buffer de 50m revela cada item por Km², hectares e porcentagem como disposto no (Gráfico 3). A vegetação corresponde a 2,658 km², 265,8 hectares e 63,03% de vegetação. Na cultura temporária temos 0,736 km², 73,6 hectares com 16,85% da área com plantio. Para a área urbana são

0,835 km², 83,5 hectares e 19,12% de área urbanizada. Já a pastagem, são 0,137 km², 13,7 hectares e 3,13% com pasto.

Gráfico 2 - Porcentagem de uso do solo - *buffer* de 30m

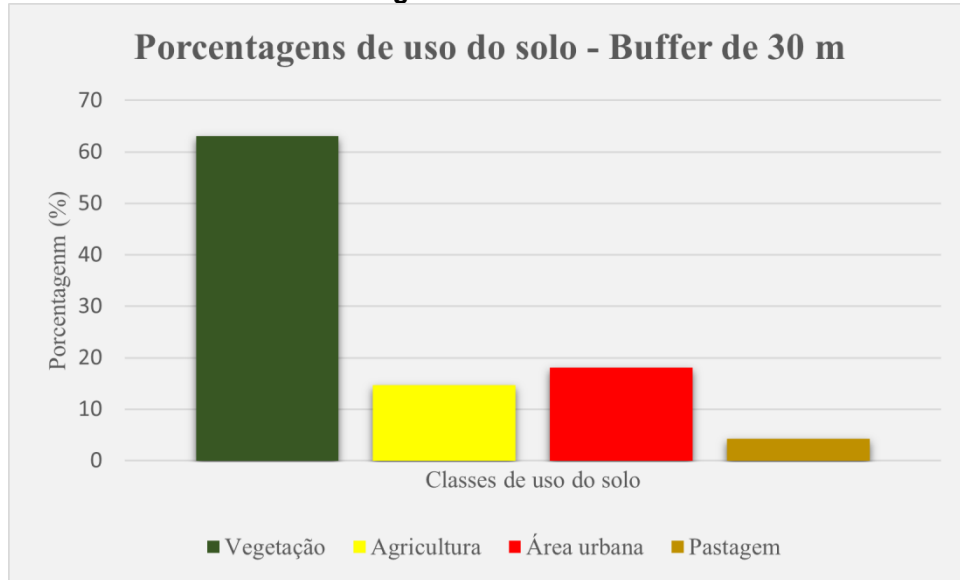
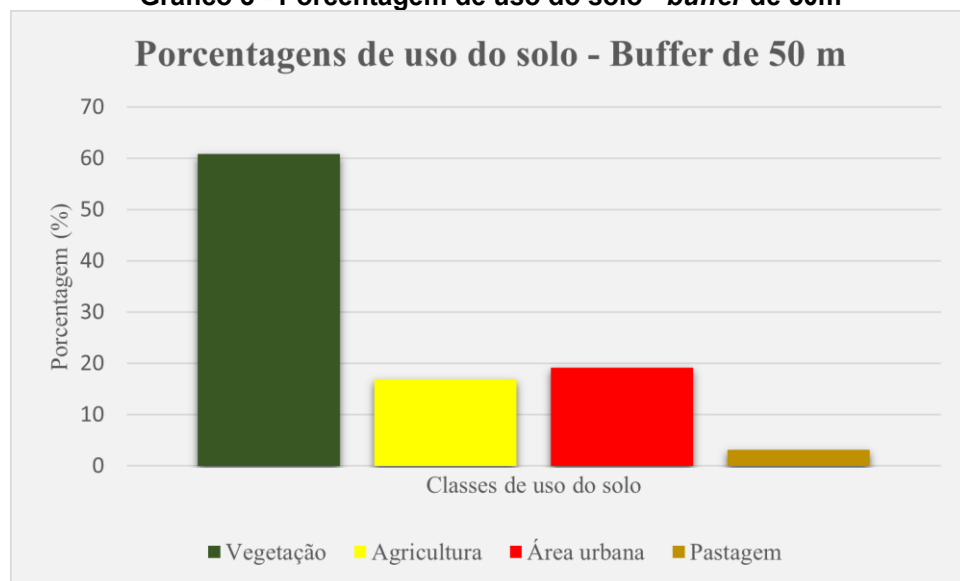


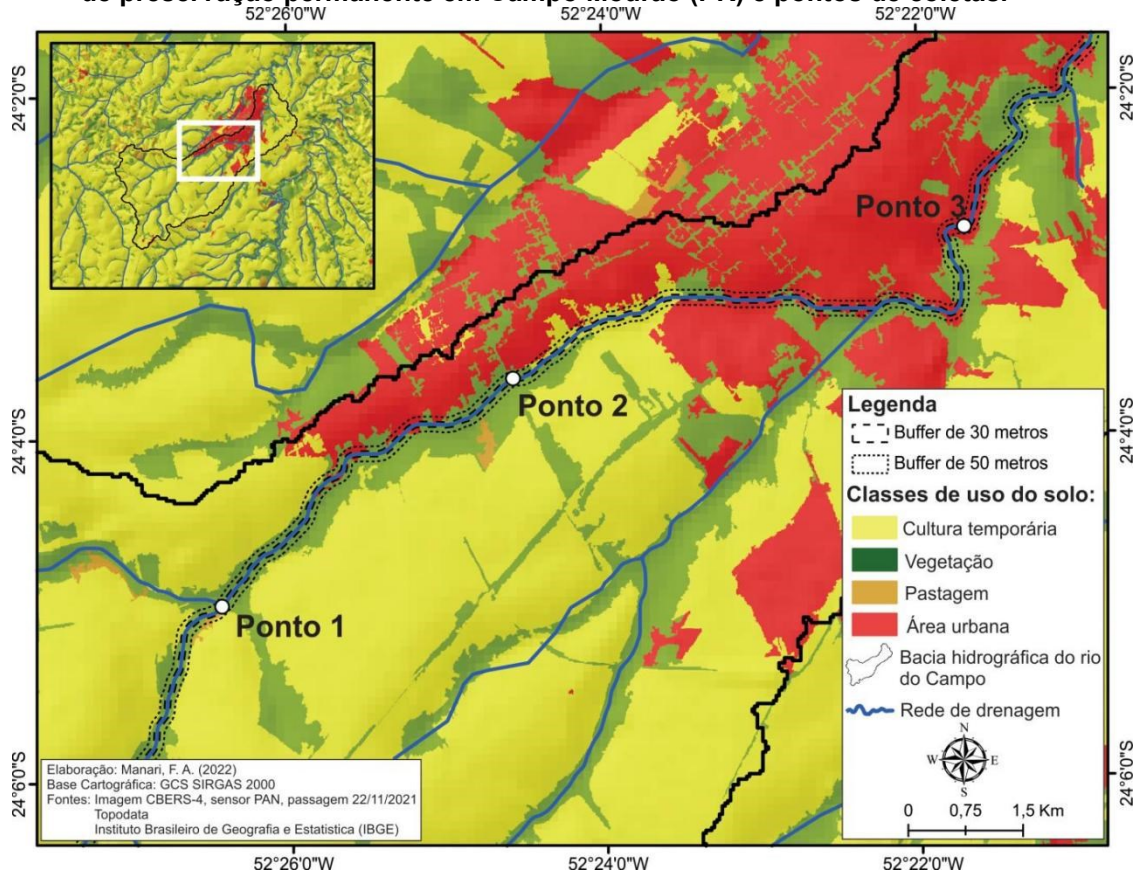
Gráfico 3 - Porcentagem de uso do solo - *buffer* de 50m



Com base nos dados, observa-se que há importantes áreas de descontinuidade vegetacional nas APPs, por meio de agricultura, urbanização e pastagens. No P1 é possível verificar que a vegetação ciliar, correspondente às faixas de 30 e 50 metros, se encontra preservada. Já no P2, este encontra-se em divergência, na faixa de 30 metros corresponde ao que preconiza a legislação, entretanto, observou-se que a faixa de 50 metros está parcialmente comprometida, já

tendo influência da urbanização. E no P3, o limite mínimo de 30 metros estabelecidos pela legislação federal e 50 metros de mata ciliar estabelecido pela legislação municipal não são respeitados (Figura 4).

Figura 4 - Conflitos de uso do solo com demarcação de dois limites de proteção das áreas de preservação permanente em Campo Mourão (PR) e pontos de coletas.



De maneira geral, ao quantificar a presença de vegetação ciliar estabelecida pela legislação federal e municipal, os produtos cartográficos indicam que nos trechos amostrados do Rio do Campo não há vegetação adequada, exceto em P1. Esse resultado demonstra uma falta de fiscalização ambiental nas áreas do perímetro urbano do município (P2 e P3), sugerindo uma ocupação desordenada e um problema para a gestão pública, que pode aumentar a fragilidade social e a demanda por saúde pública. Esses conflitos legais devem ser trabalhados pelo poder público do município para respeitar os limites legais e os serviços ambientais das matas ciliares, bem como manter uma qualidade da água satisfatória para o abastecimento público e outros usos.

6.2 Protocolo de Avaliação Rápida de Rios (PAR)

6.2.1 Caracterização dos pontos amostrais

Na área do P1 (Montante), em alguns trechos, foi observado características rurais com plantio pouco expressivo de monoculturas, propriedades leiteiras e pesqueiro. Entretanto, ainda prevaleceu a vegetação natural com predomínio de espécies nativas, com pequenas plantas, arbustos e árvores de maior porte, bem como alguns bancos de macrófitas nas margens (Figura 5).

Foram observados alguns sinais de erosões próximas ao rio, em alguns trechos a cobertura vegetal é parcial. Não existe odor e oleosidade na água e, em alguns pontos, há cascalhos e pedras no fundo. Alguns pequenos bancos de areia foram evidenciados, podendo ser o início de sedimentação.

Nas áreas com plantio de culturas constatou-se a prática tanto na primeira como na segunda visita in loco, sendo observada a cultura de milho. Considerando as técnicas de manejo dessa cultura, é bastante usual a utilização de fertilizantes fosfatados para a adubação do solo, bem como a utilização de controle químico para plantas daninhas, com o uso de herbicidas como a atrazina, glifosato e 2,4-D. Além disso, é prática comum nas culturas de milho o controle de insetos pragas e fungos patogênicos, com o uso de inseticidas organofosforados, piretróides e carbamatos (COSMANN; DRUNKLER, 2012) e fungicidas tais como o azoxystrobin, propiconazole e o mancozebe (BORTH *et al.*, 2021).

A retirada da cobertura vegetal nativa, com mudança no uso do solo, pode explicar os pontos de erosão e, conseqüentemente a sedimentação observada no corpo hídrico, conforme afirma Bertol *et al.* (2004). Essa fragilidade observada pode favorecer a entrada de substâncias químicas perigosas, como metais associados aos fertilizantes (MORTVEDT, 1996; MEHMOOD *et al.*, 2009), e os agrotóxicos (DEFARGE; VENDÔMOIS; SÉRALINI, 2018), anteriormente relatados no manejo das culturas de milho. Ainda, pode haver o ingresso de mais substâncias poluidoras na água deste ponto devido a sua maior declividade e potencial para um maior escoamento superficial.

Ademais, se observa também a presença de pequenas propriedades leiteiras nas redondezas, que podem representar mais um ponto de fragilidade ambiental pela entrada excessiva de matéria orgânica no corpo hídrico. Na parte superior do ponto, existe ainda a presença de um pesqueiro (criação de peixes para engorda), que

também pode contribuir com o aumento da matéria orgânica e adição de fármacos de uso veterinário, podendo estes ser prejudiciais com relação aos efeitos a longo prazo, (BERGMAN *et al.*, 2012).

Figura 5 - Trecho do ponto 1 do Rio do Campo no Município de Campo Mourão (PR)



Fonte: Autoria própria (2023)

No P2 (médio curso), localizado no bairro Jardim Lar Paraná e próximo ao conjunto Habitacional Milton Luiz Pereira, a vegetação ciliar encontra-se comprometida, principalmente em relação a sua fisionomia, com a presença de muitas espécies de gramíneas em bancos de sedimentação, algumas delas provavelmente exóticas (*Brachiaria spp.*). Outras espécies vegetais, como lianas que são um tipo de trepadeiras, arbustos generalistas, típicos de lugares alterados, também foram observados no ponto.

A uma maior distância da margem esquerda do P2, constatou-se uma área rural com culturas temporárias de milho e soja, enquanto que na margem direita verificaram-se áreas de urbanização, que podem influenciar na degradação do corpo

hídrico em um curto prazo de tempo devido ao despejo de resíduos sólidos e líquidos, bem o corte seletivo de madeira para a ocupação irregular da área. Este ponto localiza-se logo após o ponto de captação para o tratamento de água e distribuição para o consumo humano do município, o que reforça o problema.

Através da análise dos indicadores do PAR, essa área está degradada, com a presença de solo exposto e erosão em ambas as margens do rio. Como observado na (Figura 6), a presença das gramíneas reforça que o leito do rio está assoreado, pois se formaram bancos de sedimentos.

Cabe ressaltar que neste ponto, a água apresentava coloração escura, com resíduos de óleos e graxas detectados visivelmente, além do forte odor proveniente de despejos pontuais. Foi observado assoreamento no fundo do rio, canalização com pontes nas imediações do ponto e, nessa área, não havia vegetação ciliar.

Figura 6 - Trechos do ponto 2 do Rio do Campo no Município de Campo Mourão (PR)





Fonte: A autoria própria (2023)

O P3 está inserido no bairro Jardim Gutierrez, próximo a região central do município de Campo Mourão (PR) e está localizado 30 metros abaixo da represa do Parque Municipal Joaquim Teodoro de Oliveira, “bosque”, que é uma área recreativa, (Figura 7). É uma região antropizada que possui muitos loteamentos em seu entorno, bem como construções em andamento nas proximidades do ponto, e por decorrência do disposto, é provável existir o lançamento de efluentes clandestinos, assim como influência das culturas temporárias de soja e milho observadas rio acima.

Com tantas perturbações de processos antropogênicos, ainda se encontrou resquícios de vegetação natural, porém, foram observados vários pontos de assoreamento na margem, nos dois períodos de observação. Também foi observado

muito lixo doméstico em seu entorno, a cobertura do leito era parcial e a água não possuiu odor ou oleosidade. Contudo mostrou-se turva e o fundo do rio apresentou muita areia, provavelmente em função do carreamento de sedimento. Em um período muito curto de tempo essa área poderá estar comprometida.

Figura 7 - Trechos do ponto 3 do Rio do Campo no Município de Campo Mourão (PR)



Fonte: Autoria própria (2023)

6.3 Resultado da aplicação do protocolo de avaliação rápida

Os resultados obtidos após a aplicação do PAR, na primeira e segunda fase desta pesquisa, nos três pontos amostrais, encontram-se sumarizados na Tabela 3, indicando que nos trechos do P1 e P3, os ambientes ainda preservam suas características naturais. Ao considerar aspectos específicos, constatou-se que a ocupação pela vegetação natural nas margens foi maior em P1, que também apresentou um menor indício de erosão. O depósito de sedimento foi maior em P3, assim como apresentou maior quantitativo de macrófitas aquáticas associadas a esse ponto. Ambos os locais (P1 e P3) tiveram cobertura vegetal parcial no leito do rio, não apresentaram odor e oleosidade na água e também no sedimento, porém suas águas encontravam-se turvas, indicando sedimento associado.

Já os resultados obtidos nas duas análises nos trechos do P2 indicam que suas características ambientais foram classificadas como “Alteradas”. Nesse ponto, o ambiente se mostra bastante ameaçado, com uma pressão do processo de urbanização, que se reflete no despejo de efluentes e descarte de resíduos sólidos, além da supressão da vegetação nativa, o que torna esse trecho mais fragilizado. A erosão está presente de forma moderada, muito lixo em seu entorno, existe uma cobertura parcial no leito, o odor é comparável com o de ovo podre, a oleosidade na água é abundante, além de ser turva com muita lama no fundo.

Nas últimas décadas muitos avanços têm sido alcançados em termos legais e teóricos no que diz respeito à gestão e regulação de recursos hídricos no Brasil, entretanto, ainda se verifica a necessidade de uma gestão articulada que resulte em ações efetivas para o ordenamento territorial que contemple a sustentabilidade ambiental. A partir da realização desta pesquisa espera-se identificar a relação do uso e manejo do solo e as condições do Rio do Campo no município de Campo Mourão (PR), e seus desdobramentos conflituosos como primeiro passo para se encontrar possíveis soluções e medidas corretivas a fim de encorajar a conservação e utilização adequada de recursos naturais.

Tabela 3 - Resultados da análise do protocolo de avaliação rápida aplicada nos trechos do Rio do Campo, Campo Mourão (PR)

Parâmetros	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
Latitude	S 24° 04'56,34"	S 24° 03'38, 26"	S 24° 02'51, 64"
Longitude	W 52° 26'30,09"	W 52° 24' 35, 08"	W 52° 21'38, 97"
Data da análise	01/06/2023	01/06/2023	01/06/2023
	22/02/2023	22/02/2023	22/02/2023
1. Tipo de ocupação das margens	4	2	4
2. Erosão próximo ou nas margens	4	2	4
3. Alterações antrópicas	4	2	2
4. Cobertura vegetal do leito	4	4	4
5. Odor da água	4	2	4
	4	0	4
6. Oleosidade da água	4	0	4
	4	0	4
7. Transparência da água	2	2	2
	2	2	2
8. Odor do sedimento do fundo	4	2	4
	4	2	4
9. Oleosidade de fundo	4	2	4
	4	2	4
10. Tipo de fundo	4	2	2
	4	2	2
11. Tipo de fundo	5	2	5
	5	2	5
12. Extensão de rápidos	3	3	5
	5	2	5
13. Frequências de rápido	3	3	5
	5	3	5
14. Tipos de substrato	3	3	2
	3	2	2
15. Deposição de lama	3	3	3
	3	3	3
16. Depósitos sedimentares	5	3	2
	5	3	5
17. Alterações no canal do rio	5	3	3
	5	3	3
18. Características do fluxo das águas	3	2	3
	5	2	5
19. Presença de vegetação ripária	3	2	3
	3	2	3
20. Estabilidade das margens	3	2	3
	3	2	3
21. Extensão da vegetação ripária	3	3	3
	3	2	3
22. Presença de plantas aquáticas	5	3	3
	3	3	3
Pontuação	82	52	74
	86	47	79
Avaliação	Naturais	Alterados	Naturais

Fonte: Autoria própria (2023)

6.4 Análise de macroinvertebrado bentônicos

Foram registrados um total de 262 indivíduos, pertencentes a 13 táxons (Filo, Classe ou Ordem), distribuídos em 21 famílias identificadas, conforme visualizado nas Tabelas 4 e 5, respectivamente, referentes a primeira e segunda coletas.

Na primeira coleta realizada em junho, período seco, se amostrou um total de 16 famílias, das quais 14 foram registradas no P1, 6 (seis) no P2 e 9 (nove) no P3. Em termos quantitativos, se observou que dos 148 exemplares coletados em junho, 32 foram no P1, 24 no P2 e 92 no P3. Vale ressaltar que no P1 foram registradas famílias com baixa tolerância à poluição orgânica (sensíveis), tais como *Lampyridae*, *Blephariceridae* e *Perlidae*, embora com baixo número de exemplares. Das famílias que indicam contaminação, apenas os *Chironomidae* foram detectados com maior representatividade neste local (PERESCHI, 2008).

Os *Chironomidae* representam uma família de Diptera amplamente conhecida pela sua tolerância a uma grande variação na qualidade da água, sendo muito utilizado em biomonitoramento da qualidade da água. Alterações expressivas na comunidade de *Chironomidae* podem indicar introdução de efluentes industriais, esgotos domésticos e degradação do ecossistema aquático (LUOTO, 2011). Dessa forma, os *Chironomidae* presentes nesse ponto indicam alguma degradação da qualidade de água.

No P2 vale ressaltar o baixo número de organismos registrados e distribuídos em algumas poucas famílias, as quais apresentam, em geral, uma tolerância intermediária à contaminação. Sugere-se que o elevado acúmulo de sedimentos observados no leito do rio, neste trecho, tenha contribuído substancialmente para a modificação dos microhabitats e da diversidade de nichos disponíveis, o que afetou a diversidade de organismos do local.

O P3 se destaca pelo maior número de exemplares coletados na amostragem de junho. Porém, vale ressaltar que dos 92 exemplares amostrados, 80 indivíduos pertenceram a família *Hydropsychidae* (*Trichoptera*). Os demais indivíduos se distribuíram nas outras 8 famílias, o que representa 1 ou 2 exemplares por família. O elevado domínio de uma única família de organismos em uma dada comunidade reflete a sua baixa equitabilidade e, conseqüentemente, reduzida diversidade estrutural associada. Estes indicadores somados sugerem que o local apresenta um alto grau de interferência e modificação de suas características naturais.

Tabela 4 - Táxons amostrados e número total de indivíduos nos pontos 1, 2 e 3, no mês de junho de 2022 no Rio do Campo

Táxon	Família	P1	P2	P3	Quantidade	Escore
Coleoptera	Elmidae	2	2	1	5	5
Coleoptera	Dytiscidae	1		2	3	5
Coleoptera	Lampyridae	1	5		6	10
Coleoptera	Dryopidae	2			2	5
Coleoptera	Lutrochidae	1			1	5
Collembola			4		4	7
Crustacea	Carabidae		1		1	3
Diptera	Blephariceridae	2		1	3	10
Diptera	Chironomidae	11			11	2
Diptera	Simuliidae		4	2	6	5
Ephemeroptera	Baetidae	2			2	4
Plecoptera	Perlidae	1		1	2	10
Hemiptera	Gerridae	1		1	2	3
Hemiptera	Saldidae	1			1	3
Megaloptera	Sialidae	1			1	4
Oligochaeta	Naididae			3	3	1
Oligochaeta	Tubificidae			1	1	1
Platyhelminthes	DugesIIDae	2			2	5
Trichoptera	Hydropsychidae	4	8	80	92	5
BMWP		76	35	45		

Fonte: Autoria própria (2023)

Na segunda coleta realizada em fevereiro, período chuvoso, se amostrou um total de 15 famílias, sendo todas elas registradas no P1, 8 (oito) no P2 e 13 (treze) no P3. Em termos quantitativos, se observou que dos 114 exemplares coletados em fevereiro, 24 foram no P1, 28 no P2 e 62 no P3. Vale ressaltar que no ponto P1 nenhuma das famílias predominou na amostragem, sendo todas elas representadas por um baixo número de organismos. Neste local, uma mescla de famílias com diferentes graus de tolerância à contaminação foi registrada, porém ressalta-se a presença das famílias mais sensíveis no local.

No P2 se observou novamente um menor número de famílias de macroinvertebrados, sendo estas relacionadas a tolerâncias altas ou intermediárias à poluição. Neste local não se observou a ocorrência de nenhuma família sensível, o que reforça a situação ecologicamente desfavorável no ponto.

Assim como observado na primeira coleta, o ponto P3 teve o maior número de exemplares coletados na estação das chuvas, sendo novamente em função da elevada representatividade da família *Hydropsychidae* (*Trichoptera*). Essa família é

comumente relatada como uma das mais abundantes em rios no sudeste e sul do Brasil (RODRIGUES; TEIXEIRA; CAMPOS, 2007), sendo associada a mudança no uso e ocupação do entorno de corpos hídricos (SONODA; VETTORAZZI; ORTEGA, 2011), tal como observado no presente estudo.

Tabela 5 - Táxons amostrados e número total de indivíduos nos pontos 1, 2 e 3, no mês de fevereiro de 2023 no Rio do Campo

Táxon	Família	P1	P2	P3	Quantidade	Escore
Acanthobdellidea	Hirudinidae	2	1	2	5	3
Coleoptera	Lampyridae	1		2	3	10
Crustacea	Carabidae	1	8	2	11	3
Diptera	Blephariceridae	1		1	2	10
Diptera	Chironomidae	2	3	2	7	2
Diptera	Simuliidae	1	2	1	4	5
Ephemeroptera	Baetidae	1		2	3	4
Mesogastropoda	Thiaridae	1	5	1	7	6
Megaloptera	Sialidae	2			2	4
Oligochaeta	Tubificidae	3	1		4	1
Oligochaeta	Naididae	2		5	7	1
Oligochaeta	Erpobdellidae	1	1	5	7	1
Platyhelminthes	Dugesidae	2		1	3	5
Plecoptera	Perlidae	2		3	5	10
Trichoptera	Hydropsychidae	2	7	35	44	5
BMWP		70	26	65		

Fonte: A autoria própria (2023)

Com base nos escores dos táxons registrados em cada ponto amostral, fez-se o somatório das famílias para determinar o BMWP/ponto. Observou-se o somatório de 76/70, 35/26 e 45/65 pontos, respectivamente, para o P1, P2 e P3. Desta forma, o P1 foi classificado como “aceitável” (limpa, porém levemente impactada), o P2 como “crítico” (poluída ou impactada) e o P3 como “questionável” (moderadamente impactada) na primeira coleta e “aceitável” (limpa, porém levemente impactada) na segunda coleta.

Percebe-se que o ponto mais impactado foi o P2, seguido pelo P3 e, por último, o P1. De uma forma geral, todos os pontos amostrados tiveram, em algum nível, impacto na qualidade de suas águas, segundo os dados do biomonitoramento. Isso pode estar ocorrendo pela grande expansão rural e urbana rumo às áreas periféricas com invasões nas margens de rios e de proteção ambiental, corroborando

para processos de desmatamento para o plantio, erosões, supressão da vegetação e poluição ambiental.

Ao analisar a comunidade dos macroinvertebrados bentônicos observou-se a relevância desses organismos como bioindicadores em ecossistemas aquáticos. O uso do índice biótico BMWP como uma ferramenta de classificação se mostrou bastante satisfatório para a pesquisa desenvolvida na microbacia hidrográfica do Rio do Campo, onde também foram observadas alterações visíveis, como desmatamento, disposição de resíduos sólidos e lançamento de efluentes domésticos sem tratamento.

Ao avaliarmos os resultados das diferentes dimensões que permitem inferir sobre a qualidade ambiental (Quadro 2), observamos que o ponto P2 apresentou uma convergência de problemas e menor qualidade, seguido de perto pelo P3. Através do resultado multidimensional sugere-se medidas de mitigação das condições destas áreas, a fim de definir diretrizes e ações de intervenção para a problemática apresentada.

Quadro 2 - Resultado multidimensional

Pontos	Produtos Cartográficos	PAR	Macroinvertebrado Bentônico
P1	Declividade: levemente mais acentuada; Uso: domínio da vegetação estruturada; APPs: preservadas	Naturais	Aceitável (limpa, porém levemente impactada)
P2	Declividade: menor; Uso: domínio de vegetação alterada; APPs: degradadas	Alterados	Crítico (poluída ou impactada)
P3	Declividade: intermediária; Uso: domínio de urbanização; APPs: degradadas	Naturais	Questionável/Aceitável (moderadamente impactada)

Fonte: Aatoria própria (2023)

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao avaliarmos os resultados referentes a macroescala espacial, pode-se diagnosticar e obter que no P1 o Rio do Campo apresenta características concordantes às bases estabelecidas por lei no período observado. E na microescala, foi considerada “natural” para a qualidade ambiental e ao quantificar os organismos de macroinvertebrados bentônicos foi diagnosticado como “aceitável” (limpa, porém levemente impactada).

As análises para o P2 não foram satisfatórias quanto ao ponto de vista ambiental, para a macroescala espacial, apontaram um ambiente comprometido, não respeitando às bases legais estabelecidas pela lei municipal. No que diz respeito a microescala, o ambiente foi considerado como “alterado” e na análise dos organismos bentônicos, foi considerado como “crítico” (poluída ou impactada). Está alterado por influência de atividades antrópicas como a monocultura.

Para o P3, considerando a macroescala espacial, observou-se que a faixa de 50 metros estabelecidas por lei municipal está parcialmente comprometida. No que concerne a microescala, é considerada como “naturais” e para os macroinvertebrados bentônicos foi considerado como “questionável/aceitável” (moderadamente impactada).

De maneira geral, em todos os pontos foi possível observar impacto em algum nível pelas atividades antrópicas que podem estar gerando conflitos ecossistêmicos. E ao considerar que a legislação ambiental sobre águas fluviais tem foco principal na especificação de valores máximos ou mínimos para parâmetros federal e municipal, entende-se que a área de estudo apresenta fragilidade ambiental, pois deveria estar seguindo o enquadramento determinado por lei.

É nesse sentido que os resultados obtidos nesta pesquisa indicam a fundamental importância de que haja uma melhor gestão dos recursos naturais da microbacia hidrográfica do Rio do Campo. A conscientização da população que usa áreas próximas aos rios urbanos, é de fundamental importância para o sucesso de políticas e conservação. Como mitigação, pode-se indicar práticas a introdução de vegetação nativa a partir de ações de reflorestamento, cercamento das áreas próximas ao curso d'água na faixa mínima de 30 metros para cada margem, conforme previsto pelo código federal, para garantir o controle de processos erosivos e a preservação da vegetação ciliar do curso d'água.

REFERÊNCIAS

ALBA-TERCEDOR, J.; SÁNCHEZ-ORTEGA, A. Un método rápido y simples para evaluar la calidad biológica de las aguas corrientes basado en el Hellawell (1978). **Limnética**, v. 4, n. 1, p. 51-56, 1988. Disponível em: <https://www.limnetica.com/documentos/limnetica/limnetica-4-1-p-51.pdf>. Acesso em: 12 fev. 2023.

BERGMAN, Å.; *et al.* **State of the science of endocrine disrupting chemicals**. Suíça: United Nations Environment Programme and the World Health Organization, 2012.

BERTOL, I.; *et al.* Perdas de fósforo e potássio por erosão hídrica em um Inceptisol sob chuva natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p. 485-494, 2004.

BORTH, M. R.; *et al.* Épocas de aplicação de azoxistrobina + mancozebe no controle de mancha branca do milho. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 2, e29610212492, 2021.

BRANDIMARTE, A. L.; ANAYA, M. Flotation of bottom fauna using a solution of sodium chloride. *In*: CONGRESS OF INTERNATIONAL ASSOCIATION OF THEORETICAL AND APPLIED LIMNOLOGY, 26., 1998, São Paulo, **Anais [...]**, São Paulo: International Association of Theoretical and Applied Limnology, 1998. v. 26. p. 2358-2359.

BRASIL. **Resolução n. 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília: CONAMA, 2005. Disponível em: http://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=450 Acesso em: 15 jun. 2023.

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

CAMPO MOURÃO (Prefeitura). **Plano Diretor**. Campo Mourão (PR), 2007. Disponível em: <https://campomourao.atende.net/cidadao/pagina/plano-diretor>. Acesso em: 18 abr. 2023.

CARVALHO, A. T. F. Bacia hidrográfica como unidade de planejamento: discussão sobre os impactos da produção social na gestão de recursos hídricos no Brasil. **Caderno Prudentino de Geografia**, v. 1, n. 42, p. 140-161, jan./jun., 2020. Disponível em: <https://revista.fct.unesp.br/index.php/cpg/article/view/6953/5482>. Acesso em: 5 jun. 2023.

CIBOTO, D. E.; COLAVITE, A. P. Mapeamento da paisagem da bacia hidrográfica Rio do Campo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 17., CONGRESSO NACIONAL DE GEOGRAFIA FÍSICA, 1., 2017, Campo Mourão (PR), **Anais [...]**, 2017. Campinas (SP) Unicamp, 2017. Disponível em: <https://ocs.ige.unicamp.br/ojs/sbgfa/article/view/2257/2090>. Acesso em: 14 out. 2022.

COAMO Revista. Campo Mourão (PR): **COAMO**, n. 532, fev. 2023. Disponível em: <http://revista.coamo.com.br/jornal/conteudo.php?ed=105&id=1834>. Acesso em: 14 out. 2022.

COLAVITE, A. P. **Cartografia aplicada à análise ambiental da bacia hidrográfica do Rio do Campo - PR**. 2008. Monografia (Especialização em Georreferenciamento de Imóveis Urbanos e Rurais) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2008.

COLAVITE, A. P. Geotecnologias aplicadas a análise da paisagem na bacia hidrográfica do Rio do Campo, Paraná - Brasil. In: ENCONTRO DE GEÓGRAFOS DA AMÉRICA LATINA, 12., 2009, Montevideu (URU), **Anais [...]**, Montevideu (URU), 2009.

CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente). **Resolução n. 430, de 13 de maio de 2011**. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução n. 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Brasília: CONAMA, 2011. Disponível em: http://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=627 Acesso em: 15 jun. 2023.

COSMANN, N. J.; DRUNKLER, D. A. Agrotóxicos Utilizados nas Culturas de Milho e Soja em Cascavel - PR. **Revista Eletrônica Científica Inovação e Tecnologia**, v. 2, n. 6, p. 15, 2012.

CRISPIM, J. Q.; *et al.* Avaliação da qualidade da água em rios da bacia hidrográfica Rio do Campo, município de Campo Mourão (PR) (2019). **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 3, n. 2, p. 1046-1052, maio 2019. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BJAER/article/view/1913/1915>. Acesso em: 20 maio 2023.

CRISPIM, J. Q.; *et al.* Conservação e proteção de nascentes por meio do solo cimento em pequenas propriedades agrícolas na bacia hidrográfica Rio do Campo no município de Campo Mourão - PR. **Revista Geonorte**, v. 3, n. 4, p. 781-790, 2012. Disponível em: <https://www.periodicos.ufam.edu.br/index.php/revista-geonorte/article/view/1987/1861>. Acesso em: 18 abr. 2023.

DEFARGE, N.; VENDÔMOIS, J. S. ; SÉRALINI, G. E. Toxicity of formulants and heavy metals in glyphosate-based herbicides and other pesticides. **Toxicology Reports**, v. 5, p. 156-163, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2017.12.025>

DIAS, M. **Climatempo no Brasil**. 2016. Disponível em: <https://www.climatempo.com.br/participe/18500/me-esqueci-de-citar-os-creditos-da-materia>. Acesso em: 01 fevereiro de 2023.

KÖPPEN, W. Versuch einer klassifikation der klimate, vorzugsweise nach ihren beziehungen zur pflanelt. **Geographie Zeitschrift**, Stuttgart, v. 6, p. 657-679, 1900. Disponível em: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/cf/Versuch_einer_Klassifikation_der_Klimate%2C_vorzugsweise_nach_ihren_Beziehungen_zur_Pflanzenwelt_%281900%29.pdf. Acesso em: 5 fev. 2023.

LUOTO, T. P. The relationships between water quality and chironomid distribution Finlanda new assemblage-based tool for assessments of long-term nutria dynamics. **Ecological Indicators**, v. 11, p. 255-262, 2011.

MAACK, R. **Geografia física do Estado do Paraná**. 3. ed. Curitiba: Imprensa Oficial, 2002.

MARMONTEL, C. V. F.; RODRIGUES, V. A. Parâmetros indicativos para qualidade da água em nascentes com diferentes coberturas de terra e conservação da vegetação ciliar. **Floresta e Ambiente**, v. 22, n. 2, p. 171-18, 2015.

MEHMOOD, T.; *et al.* Heavy metal pollution from phosphate rock used for the production of fertilizer in Pakistan. **Microchemical Journal**, v. 91, n. 1, p. 94-99, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2008.08.009>

METCALFE, J. L. Biological water quality assessment of running Waters based on macroinvertebrate communities: history and presente status in Europe. **Environmental Pollution**, v. 60, n. 1-2, p. 101-139, 1989. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0269749189902236>. Acesso em: 5 fev. 2023.

MINEROPAR. **Atlas Geomorfológico do Estado do Paraná**: 2006. Disponível em: http://www.mineropar.pr.gov.br/arquivos/File/2_Geral/Geomorfologia/Atlas_Geomorforlogico_Parana_2006.pdf. Acesso em: 10 set. 2022.

MORTVEDT, J. J. Heavy metal contaminants in inorganic and organic fertilizers. **Fertilizers and Environment. Developments in Plant and Soil Sciences**, v. 66, p. 5-11, 1996. https://doi.org/10.1007/978-94-009-1586-2_2

MUGNAI, R.; *et al.* **Manual de identificação de macroinvertebrados aquáticos**. Rio de Janeiro: Technical Books, 2010.

PEABIRU (Prefeitura). **Plano Diretor Municipal**. Peabiru (PR): [s.n.], 2007.

PERESCHI, D. C. **Macroinvertebrados bentônicos como indicadores da qualidade da água em rios e reservatórios da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré (SP)**. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de São Carlos - São Paulo, 2008.

RODRIGUES, R. C.; TEIXEIRA, R. A.; CAMPOS, L. A. Comunidade de insetos bentônicos em rio impactado por mineração de carvão em Treviso, Santa Catarina - SC. **Tecnologia e Ambiente**, v. 13, 2007.
<https://periodicos.unesc.net/ojs/index.php/tecnoambiente/article/view/953/867>

SANTOS, H. G.; *et al.* Dos sistemas ambientais ao sistema fluvial: uma revisão de conceitos. **Caminhos de Geografia**, v. 14, n. 46, p. 224-233, 2018.
Disponível em:
<https://biblat.unam.mx/hevila/RBRHRevistabrasileiraderecursososhidricos/2008/vol13/no1/14.pdf>. Acesso em: 5 fev. 2023.

SILVA, R. F.; SANTOS, V. A.; GALDINO, S. M. G. Análise dos impactos ambientais da urbanização sobre os recursos hídricos na bacia hidrográfica do córrego Vargem Grande em Montes Claros-MG. **Caderno de Geografia**, v. 26, n. 47, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.5752/P.2318-2962.2016v26n47p966>. Acesso em: 5 fev. 2023.

SILVA, V. B.; GASPARETTO, N. V. L. Qualidade da água na sub-bacia do rio do Campo - Campo Mourão-PR. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 9, n. 2 p. 585-600, 2016.

SILVEIRA, M. P.; *et al.* **Aplicação do biomonitoramento para avaliação da qualidade da água em rios**. Jaguariúna (SP): Embrapa Meio Ambiente, 2004.
Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/233423/27144>. Acesso em: 8 out. 2022.

SONODA, K. C.; VETTORAZZI, C. A.; ORTEGA, R. M. M. Relação entre uso do solo e composição de insetos aquáticos de quatro bacias hidrográficas do Estado de São Paulo - SP. **Neotropical Biology and Conservation**, v. 6, n. 3, p. 187-200, sept./dec. 2011.

TELES, R. R.; SANTOS, J. C.; PINHEIRO, E. C. N. M. A importância da preservação de matas ciliares. **Brazilian Journal of Development**, 2022.

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