

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

FRANCIELE DE ALMEIDA MANARI

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

CAMPO MOURÃO

2023

FRANCIELE DE ALMEIDA MANARI

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

**Multidimensional environmental diagnosis of Rio do Campo in the municipality
of Campo Mourão-PR**

Dissertação apresentada 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.



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Campo Mourão



FRANCIELE DE ALMEIDA MANARI

DIAGNÓSTICO AMBIENTAL MULTIDIMENSIONAL DO RIO DO CAMPO NO MUNICÍPIO DE CAMPO MOURÃO-PR

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestre Em Gestão E Regulação De Recursos Hídricos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Área de concentração: Regulação E Governança De Recursos Hídricos.

Data de aprovação: 20 de Setembro de 2023

Elton Celton De Oliveira, - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Andre Pellegrini, - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Fernanda Ferrari, - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 25/09/2023.

Dedico este trabalho ao maior amor da minha vida
- meu filho, João Vitor Manari Rinaldo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me proporcionar conseguir chegar até aqui, por ter me dado forças para continuar apesar das dificuldades, pela dádiva da vida e por me permitir realizar tantos sonhos. Obrigada por me permitir errar, aprender e crescer, por Seu infinito amor, pela Sua voz “invisível” que não me permitiu desistir, obrigada por tudo.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Elton Celton de Oliveira e ao meu coorientador Prof. Dr. Eudes José Arantes pela sabedoria com que me guiaram nesta trajetória.

Gostaria de deixar registrado também, o meu reconhecimento à minha família, principalmente ao meu filho, pois acredito que sem o apoio deles seria muito difícil vencer esse desafio.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. Agradeço também ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - ProfÁgua, Projeto CAPES/ANA AUXPE nº 2717/2015 e à Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) pelo apoio recebido.

Por fim, a todos aqueles que contribuíram, direta ou indiretamente, para a realização desta dissertação, o meu sincero agradecimento.

RESUMO

A qualidade ambiental dos corpos hídricos vem progressivamente declinando em decorrência de um desenvolvimento socioeconômico desorganizado que gera riscos ambientais e a saúde pública. 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. Através do resultado multidimensional sugere-se medidas de mitigação mais efetivas e assertivas, considerando as diferentes escalas espaciais.

Palavras-chave: macroinvertebrados bentônicos; protocolo de avaliação rápida; qualidade da água; uso e ocupação; gerenciamento da água.

ABSTRACT

The environmental quality of water bodies has been progressively declining as a result of disorganized socioeconomic development that generates environmental and public health risks. This research sought to carry out a multidimensional diagnosis in three sections of the Rio do Campo micro-basin, in the municipality of Campo Mourão (PR). The sampling points were established as follows: P1: area located in the region upstream of the watershed, with agricultural areas in its surroundings, but with preserved riparian vegetation; P2: average area of the basin, at the beginning of the urban perimeter of the municipality of Campo Mourão; P3: area closest to the downstream of the river, in a very urbanized part of the municipality and with little riparian vegetation. The study focused on parameters that cover both the macroscale and microscale and occurred at two times of the year: dry period (June) and rainy period (February). The macroscale was obtained from the preparation of slope maps, climogram, land use and occupation and analysis of the limits of the Permanent Protection Areas (APP) in the basin. At the microscale, the Rapid River Assessment Protocol (PAR) was used, which allowed the analysis of 22 local parameters to delimit environmental quality, and also the composition of the benthic macroinvertebrate community, which constitute excellent biological indicators. The cartographic products made it possible to identify a greater slope in P1, as well as confirming more preserved and structured APPs at the site, complying with the legal limits of 30 and 50 m. P2 had a large percentage of vegetation cover, but it was basically made up of grasses and shrubs, with evident sedimentation at the site. P3 showed the biggest change in use and occupation, with a predominance of urban areas in its surroundings and with APPs that do not comply with legislation. Based on the PAR results, it was possible to classify P2 as an altered area at both times of the year and P1 and P3 still as natural areas. From the composition of macroinvertebrates and the calculation of the biotic index, it was possible to establish that all sampling points presented some degree of environmental fragility, in both sampling times, with P1 being an area whose water quality was categorized as acceptable (June and February), P2 presented quality classified as critical (two collections) and P3 as questionable (June)/acceptable (February). From the combination of the analyzed dimensions, it was possible to establish that P2 presented a convergence of problems and lower quality, followed by point P3. Through the multidimensional result, more effective and assertive mitigation measures are suggested, considering the different spatial scales.

Keywords: benthic macroinvertebrates; rapid assessment protocol; water quality; use and occupation; water management.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa de localização do município de Campo Mourão (PR), com ênfase na microbacia do Rio do Campo	30
Figura 2 - Mapa de declividade da microbacia do rio do Campo, Campo Mourão (PR)	37
Figura 3 - Mapa de uso e ocupação do solo do município de Campo Mourão (PR)	40
Figura 4 - Mapa com os limites de proteção das áreas de preservação permanente em Campo Mourão (PR) e pontos de coleta	43
Figura 5 - Trecho do ponto 01 do Rio do Campo no Município de Campo Mourão (PR)	45
Figura 6 - Trechos do ponto 02 do Rio do Campo no Município de Campo Mourão (PR)	46
Figura 7 - Trechos do ponto 03 do Rio do Campo no Município de Campo Mourão (PR)	49

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Climograma do município de Campo Mourão (PR), com dados de temperatura e precipitação média mensal	39
Gráfico 2 - Porcentagem de uso do solo - <i>buffer</i> de 30m	42
Gráfico 3 - Porcentagem de uso do solo - <i>buffer</i> de 50m	42

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Pontuação do Índice BMWP para as famílias de macroinvertebrados	35
Quadro 2 - Resultado multidimensional.....	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classes de qualidade ambiental conforme valores do BMWP	36
Tabela 2 - Classes de declividade e sua representatividade por ponto amostral em percentual (%) e área (hectare - ha).....	37
Tabela 3 - Resultados da análise do protocolo de avaliação rápida aplicada nos trechos do Rio do Campo, Campo Mourão (PR).....	51
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	53
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.....	55

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APP's	Áreas de Preservação Permanentes
BMWP	<i>Biological Monitoring Working Party</i>
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
Cfa	Classificação do Clima
GPS	Sistema de Posicionamento Global
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IQA	Índice de Qualidade de Água
PAR	Protocolo de Avaliação Rápida de Rios
PNRH	Política Nacional de Recursos Hídricos
SINGREH	Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SR	Sensoriamento Remoto
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
VMP	Valor Máximo Permitido

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	OBJETIVOS	16
2.1	Geral	16
2.2	Específicos	16
3	JUSTIFICATIVA.....	17
4	REVISÃO DE LITERATURA	18
4.1	Bacias hidrográficas e gestão das águas	19
4.2	Monitoramento das águas	22
4.2.1	Geomorfologia e mudança no uso do solo	23
4.2.2	Protocolo de avaliação rápida de rios.....	24
4.2.3	Uso de macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores	25
4.3	Caracterização da bacia do Rio do Campo	26
5	MATERIAIS E MÉTODOS	28
5.1	Área de estudo e delimitação dos pontos amostrais	28
5.2	Desenvolvimento cartográfico	30
5.3	Aplicação do Protocolo de Avaliação Rápida (PAR)	32
5.4	Procedimentos para coleta dos macroinvertebrados bentônicos ...	33
5.4.1	Procedimento laboratorial para avaliação dos macroinvertebrados bentônicos	33
5.5	Análise de dados	34
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
6.1	Produtos cartográficos: caracterização da macroescala	37
6.2	Protocolo de Avaliação Rápida de Rios (PAR)	44
6.2.1	Caracterização dos pontos amostrais	44
6.3	Resultado da aplicação do protocolo de avaliação rápida	50
6.4	Análise de macroinvertebrados bentônicos	52
7	PRODUTO	57
8	CONCLUSÃO	58
	REFERÊNCIAS.....	59
	ANEXO A	67

1 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?

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

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

2.2 Específicos

- Levantar os dados geomorfológicos e de uso e ocupação da bacia do Rio do Campo, sistematizando-os em mapas;
- Realizar um diagnóstico ambiental em três pontos amostrais do Rio do Campo por meio de um Protocolo de Avaliação Rápida de rios (PAR) em período seco e chuvoso;
- Avaliar se a composição e estrutura dos macroinvertebrados bentônicos nos sedimentos dos pontos amostrais estão correlacionadas ao nível de uso e ocupação da área e à qualidade da água do rio.

3 JUSTIFICATIVA

A área de estudo corresponde a bacia hidrográfica do Rio do Campo, a qual se localiza no município de Campo Mourão, terceiro planalto paranaense, na porção média entre os rios Ivaí e Piquiri (MAACK, 2002), com uma população estimada de 99.432 habitantes (IBGE, 2022).

Conforme previsto no Plano Diretor Municipal de Campo Mourão (CAMPO MOURÃO, 2007), o Rio do Campo é responsável pelo abastecimento de água de 67% do município. No entanto, a Agenda 21 descreve que:

A microbacia do Rio do Campo é dotada das seguintes vulnerabilidades: agricultura intensiva em grande parte de seu território, área urbana do distrito de Piquirivaí (situado na região de nascentes) e o Parque Industrial I, localizados em sua área de manancial próximo à captação (PARANÁ, 1992, p. 80).

No que concerne os usos do solo na área de influência da bacia do Rio do Campo, o Plano diretor municipal aponta ainda para a degradação do local em razão do cultivo, manejo de solos e utilização de defensivos agrícolas (CAMPO MOURÃO, 2007).

Portanto, a pesquisa justifica-se por entender que a área de estudo é caracterizada como sendo ambientalmente frágil por conta das características geomorfológicas e pelas mudanças no uso e ocupação do solo observadas na região, com a retirada da vegetação para realização majoritária de atividades agrícolas, bem como o isolamento das áreas de preservação permanente que levam a um acirramento nos processos de perdas de solo, diminuição, rebaixamento ou desaparecimento das nascentes. Além disso, é observado que o manejo intenso do solo para as atividades produtivas, comuns na região, eleva a capacidade de contaminação da bacia, com intensa aplicação de defensivos agrícolas e fertilizantes, que apresentam um elevado grau de periculosidade para a fauna e flora nativa, representando também um desafio à saúde pública (SILVEIRA, 2004).

Assim, por meio de uma análise completa, que envolve a macro e microescala espacial, buscou caracterizar a situação ambiental da bacia hidrográfica para conseguir compreender e explicar a relação do uso e manejo inadequados do solo com seus potenciais efeitos e desdobramentos nos compartimentos ambientais e biológicos. Entende-se que ter conhecimento da situação ambiental por conta das situações conflituosas é o primeiro passo para se encontrar possíveis soluções e

medidas corretivas a fim de encorajar a conservação e utilização adequada de recursos naturais.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 Bacias hidrográficas e gestão das águas

De acordo com Carvalho (2014) e Carvalho (2018), as bacias hidrográficas são unidades espaciais de dimensões variadas onde se organizam os recursos hídricos superficiais em função das relações entre a estrutura geológica, geomorfológica e as condições climáticas. É a área de drenagem de um rio principal e seus afluentes e onde os cursos d'água são sistemas ambientais complexos, os quais possuem importância como elemento transformador da paisagem geográfica e fonte de recurso natural.

Para Souza (2013), delimitar a área de estudo e fazer o reconhecimento do ambiente físico da bacia hidrográfica como visão estratégica do planejamento, traz à bacia hidrográfica a concepção de recorte territorial, que permite a conexão entre a organização espacial e os aspectos do ambiente físico. Nessa perspectiva geográfica sobre a bacia hidrográfica, está a ideia deste recorte em ser utilizado como unidade de ordenamento do território, por ser uma unidade sistêmica e na escala adequada ao planejamento.

A bacia hidrográfica pode ser então considerada um ente sistêmico, é onde se realizam os balanços de entrada proveniente da chuva e saída de água através do exutório, permitindo que sejam delineadas bacias e sub-bacias, cuja interconexão se dá pelos sistemas hídricos. Apesar de sua importância aos centros urbanos, os corpos d'água têm sido processual e gradativamente relativizados face ao crescimento das cidades e a artificialização do meio urbano, bem como sofrido processos preocupantes de degradação ambiental, com o progressivo prejuízo de suas condições ecológicas (MÜLLER; SILVA, 2023).

A bacia hidrográfica é uma área de captação natural da água de precipitação que faz convergir o escoamento para um único ponto de saída. A bacia hidrográfica compõe-se de um conjunto de superfícies vertentes e de uma rede de drenagem formada por cursos de água que confluem até resultar em um leito único no seu exutório (TUCCI, 2001).

A Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) instituída em 8 de janeiro de 1997 com a sanção da Lei nº 9.433, também chamada de “Lei das Águas”, é considerada como um grande avanço na Gestão dos Recursos Hídricos. Além de

instituir a PNRH, a Lei das Águas criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH), que regulamentou o artigo 21 da Constituição Federal. A PNRH se baseia em seis fundamentos: (i) a água é um bem de domínio público; (ii) um recurso natural limitado e dotado de valor econômico; (iii) o consumo humano e a dessedentação dos animais são prioridades em caso de escassez; (iv) a gestão dos recursos hídricos deve proporcionar o uso múltiplo das águas em situações normais; (v) a bacia hidrográfica é sua unidade territorial; e (vi) a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e ter a participação do poder público, dos usuários e das comunidades (BRASIL, 1997).

Tucci (2001) aponta que para a preservação e manutenção da qualidade da água é necessário e fundamental determinar as características físicas, químicas e biológicas e a dinâmica dos corpos d'água de modo a promover discussões acerca dos planos de gerenciamento dos recursos hídricos. Deste modo, entende-se que as bacias hidrográficas são unidades sistêmicas não podendo ser divididas, apenas entendidas e aproveitadas racionalmente como um complexo que envolve todos os elementos da natureza. Podem estas serem utilizadas para fins de desenvolvimento econômico e regional desde que de forma racional.

O planejamento ambiental voltado para a gestão de bacias hidrográficas pode reduzir ou impedir a ocorrência de efeitos danosos 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).

Assim, a atribuição de classificar e enquadrar os corpos d'água é dos Comitês de Bacia, que devem discutir e aprovar as propostas de melhoria progressiva dos rios e reservatórios, com especial atenção aos usos mais nobres da água e com vistas à sustentabilidade em longo prazo (ANA, 2013).

As águas doces são enquadradas em cinco classes: classe especial, classe 1, classe 2, classe 3 e classe 4. A classificação baseia-se nos níveis de qualidade que um curso d'água deve obter a fim de atender as necessidades da população. Complementa esse enquadramento a Lei nº 9.433/1977 que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), a qual definiu que o uso primordial da água é o de garantir uma qualidade compatível para a qual foi destinada, o que reduziria os gastos com a recomposição de danos causados a ela. O enquadramento dos

cursos d'água em classes possibilita a construção de um objetivo a ser obtido ou mantido, para que esses cursos se prestem aos seus usos no decorrer do tempo.

O processo de enquadramento dos cursos d'água é baseado em vários fatores, como os usos desejados para o corpo d'água, a condição atual deste corpo hídrico, a viabilidade técnica e os custos necessários para a obtenção dos padrões de qualidade (ANA, 2013). A classificação das águas doces em cinco classes leva em conta os diferentes usos que as mesmas são destinadas (COSTA *et al.*, 2008).

Outro instrumento normativo importantíssimo para a qualidade das águas é o novo código florestal (Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012), que em seu Art. 3º, Inciso II, dispõe sobre as áreas de preservação permanente (APPs):

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

Portanto, além das questões próprias que envolvem os recursos hídricos, há também a influência no entorno das nascentes e rios, como as áreas urbanas e as áreas de preservação permanente ao longo das águas, como disposto a respeito da proteção legal dessas áreas. As larguras predeterminadas dependem das dimensões dos cursos d'água podendo ser de no mínimo de 30m para aqueles até 10m de largura e o máximo de 50m para aqueles com mais de 600m de largura. Para as áreas ao redor de nascentes, a legislação prevê um raio mínimo de 50m de limite para a ocupação com a finalidade de minimizar possíveis impactos nessas áreas. A preservação da mata ciliar nesse entorno é considerada de suma importância e fundamental na manutenção da qualidade da água dos corpos hídricos, no controle do regime hídrico, controle de processos erosivos nas margens de rios, na manutenção da ictiofauna, além de garantir a melhoria dos aspectos da paisagem (SILVEIRA, 2004).

A resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011, é mais um instrumento de gestão e regulação dos recursos hídricos, visto que dispõe sobre os parâmetros, condições, padrões e diretrizes para gestão do lançamento de efluentes em corpos de águas receptores. A mesma altera parcialmente e complementando a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Neste instrumento, há limites estabelecendo condições e

padrões específicos para o lançamento de Efluentes de Sistemas de Tratamento de Esgotos Sanitários em corpos receptores e emissários submarinos e definida a necessidade de teste de ecotoxicidade para esses efluentes, somente quando esses tiverem interferência de efluentes industriais e com o objetivo de subsidiar ações de gestão sobre o sistema de esgotos.

É importante ressaltar que a natureza deste estudo relacionado ao diagnóstico e análise de qualidade de recursos hídricos em âmbito local/municipal, apresenta uma inter-relação entre uso do solo no espaço urbano e a disponibilidade das águas, que condiciona de modo direto o crescimento local, contribui para fornecer subsídios ao gerenciamento político-ambiental e embasar cientificamente tomadas de decisão político-administrativas sobre o uso dos recursos hídricos de forma sustentável.

4.2 Monitoramento das águas

A alta taxa de crescimento da população humana somada à constante busca de qualidade de vida tem gerado um notório aumento na demanda dos recursos naturais devido, principalmente, a processos como urbanização, agricultura e industrialização. Uma das consequências imediatas desses processos se refere à quantidade e qualidade de água disponível para o equilíbrio e a manutenção da vida nos ecossistemas (LIRA; CÂNDIDO, 2013). Silva *et al.* (2014) explicam que a exploração insustentável dos recursos hídricos gera problemas socioambientais preocupantes, tais como redução dos estoques de água superficiais e subterrâneas, problemas na qualidade de água para o consumo humano, o desmatamento das APPs, falta de assistência pelo governo local, a poluição e até a violência social.

Assim, a sustentabilidade é um instrumento crucial para pensar e criar estratégias que visem o mapeamento da condição econômica, social e ambiental e da qualidade de vida da população. Nesse sentido, houve a necessidade da criação de um extenso arcabouço de métodos para avaliação da qualidade ambiental em recursos hídricos. Normalmente se utiliza o Índice de Qualidade da Água (IQA), mas ele é raso em fornecer uma visão holística de problemas como erosão/sedimentação, degradação da vegetação ciliar, ocupação inadequada do entorno, bem como sobre a observação de efeitos negativos sobre a fauna que ali vive.

Baseados em uma classificação ambiental a priori a partir de parâmetros qualitativos na implantação dos *rapid assessment approaches* ou Protocolos de Avaliação Rápida (PAR) esses protocolos baseiam-se em comparações entre locais "referência" considerados controle por apresentarem excelentes condições de integridade ambiental e as áreas a serem analisadas (RESH; JACKSON, 1993).

Os países que utilizam essa ferramenta passaram a avaliar o conceito de ecorregião em seus programas de biomonitoramento. São definidas as ecorregiões por características fisiográficas como geologia, tipo de solo, vegetação natural potencial e uso da terra, partindo do princípio de que comunidades biológicas dentro de uma região homogênea são similares (OMERNIK, 1987; WHITTIER; HUGUES; LARSEN, 1988).

Com a utilização do PAR, a estrutura e a variabilidade natural das comunidades encontradas em determinadas bacias hidrográficas de uma ecorregião podem ser calculadas, conseqüentemente podem servir como padrão para serem comparadas com outras localidades daquela ecorregião.

Dessa forma, torna-se imprescindível e se faz necessário caracterizar a paisagem de inserção da bacia hidrográfica a ser monitorada, suas características naturais e impactos antrópicos, buscando-se uma visão em macroescala da paisagem. Adicionalmente, o Protocolo de Avaliação Rápida dos Rios (PAR) aliado ao estudo dos macroinvertebrados bentônicos se mostram ferramentas promissoras para compreender escalas menores e mais pontuais de impacto nos sistemas aquáticos.

4.2.1 Geomorfologia e mudança no uso do solo

No final da década de 1980, com o intuito de associar informações geocodificadas aos dados de satélite e fazer análises mais complexas por meio da manipulação de dados de variadas fontes, buscou-se fazer o tratamento de dados digitais, os quais passaram a ser denominados de Geoprocessamento, compreendendo a criação de 49 bancos de dados georeferenciados.

Esta é uma técnica que faz o tratamento de imagens digitais, técnicas complementares para a manipulação de dados de outras fontes e técnicas para o cruzamento destas informações com aquelas extraídas de dados de satélite. De acordo com Carvalho e Silva (2006), essa técnica "dão à ciência geográfica meios

para desvendar territorialidades, apropriação da natureza, formas de organização e configuração espaciais, que permitem a leitura de processos socioespaciais [...]”.

Dessa forma, o geoprocessamento é considerado uma tecnologia advinda da utilização de técnicas avançadas de matemáticas e computacionais para tratar dados obtidos de objetos ou fenômenos geograficamente identificados ou extrair informações desses objetos ou fenômenos, quando eles são observados por um sistema sensor. Esse sistema tem sido empregado em diversas áreas da ciência, como: a agricultura, manejo de florestas e a geologia. Além de contribuir para estudos de planejamento ambiental, urbano e rural, meios de transportes, comunicação, energia, entre outros (MOREIRA, 2006). As ferramentas utilizadas para realizar o geoprocessamento que geram dados, informações e conhecimentos (conceitos e idéias) são: o Sistema de Informação Geográfica (SIG), o Sensoriamento Remoto (SR) e o Sistema de Posicionamento Global (GPS).

Portanto, imagens obtidas de satélite proporcionam uma visão de conjunto e multitemporal das extensas áreas da superfície terrestre. Mostram-nos os ambientes e suas transformações, e evidencia os impactos causados por fenômenos naturais e pela ação antrópica com o uso e ocupação do solo.

4.2.2 Protocolo de avaliação rápida de rios

O Protocolo de Avaliação Rápida (PAR) é uma ferramenta desenvolvida com o objetivo de auxiliar o monitoramento ambiental dos sistemas hídricos encontrados no mundo, de modo que sejam diagnosticadas informações qualitativas do meio em que se encontra o rio. Essa metodologia foi desenvolvida por Hannaford, Barbour e Resh (1997) e adaptado ao contexto brasileiro por Callisto *et al.* (2002).

É um instrumento bastante simples, que pode ser aplicado tanto por analistas ambientais como por estudantes ou voluntários não qualificados, desde que devidamente treinados para que identifiquem as características do meio e apliquem o protocolo corretamente. Trata-se de uma ferramenta de baixo custo financeiro e fácil aplicação, correspondendo à observação apenas visual do pesquisador que, com treinamento adequado, é capaz de identificar as características básicas da área em estudo (BIZZO; MENEZES; ANDRADE, 2014).

Nesse contexto, o PAR é utilizado como ferramenta complementar no monitoramento dos recursos hídricos, o qual tem a proposta de avaliar, de forma

integrada, parâmetros que determinam a qualidade dos condicionantes físicos dos rios (RODRIGUES; CASTRO, 2008).

Ao fazer uso da aplicação do PAR, objetiva-se obter uma resposta quanto às características ambientais e à qualidade da água, sendo classificados em impactado, alterado e natural e se apresentam particularidades quanto às características ambientais e à qualidade da água.

O PAR como método de avaliação dos ecossistemas fluviais, é baseado em critérios visuais e para sua aplicação é necessário a observação minuciosa. Alguns parâmetros analisados são: tipo de ocupação das margens do corpo d'água, erosão próxima ou nas margens do rio e assoreamento do seu leito, alterações antrópicas, cobertura vegetal no leito, odor da água, oleosidade da água, tipo de fundo, extensão de rápidos, tipos de substrato, deposição de lama e sedimentos, alterações no canal do rio, características do fluxo das águas, estabilidade das margens e presença de plantas aquáticas.

O uso dos PARs de forma complementar a outras análises da qualidade do recurso fluvial (como análises físico-químicas e microbiológicas da água e do solo, por exemplo), com a devida cautela quando da interpretação dos resultados, permite a obtenção de informações que possibilitem o planejamento do uso e conservação dos recursos fluviais (RODRIGUES; CASTRO, 2008; RODRIGUES *et al.*, 2017).

No Brasil, vários estudos têm utilizado os PARs como instrumentos de avaliação da estrutura física e do funcionamento dos ecossistemas fluviais, como pode ser observado nos trabalhos de Minatti-Ferreira e Beaumord (2006), Xavier e Teixeira (2007), Dillenburg (2007), Rodrigues e Castro (2008), Bergmann e Pedrozo (2008), Pimenta, Peña e Gomes (2009), Padovesi-Fonseca *et al.* (2010), Krupek (2010), Firmino, Malafaia e Rodrigues (2011), Lobo, Voos e Fiedler Júnior (2011), Vargas e Ferreira Júnior (2012), Rodrigues *et al.* (2017), dentre outros.

4.2.3 Uso de macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores

Os macroinvertebrados bentônicos têm sido amplamente utilizados como bioindicadores de qualidade ambiental. São indicadores biológicos muito úteis devido à sua especificidade a certos tipos de impacto já que inúmeras espécies são comprovadamente sensíveis a um tipo de poluente, mas tolerantes a outros (WASHINGTON, 1984). Assim, índices podem ser criados especificamente para detectar lançamento de agrotóxicos, considerando as respostas de diversas

espécies da comunidade de macroinvertebrados. Os índices que têm as comunidades como unidade de estudo são eficientes para o monitoramento rápido de grandes áreas, apresentando baixo custo (WATZIN; MCINTOSH, 1999).

O termo macroinvertebrado se refere à fauna de invertebrados que fica retida em uma malha 0,5mm, sendo ela constituída por diversos táxons, tais como Arthropoda, Mollusca, Annelida, Nematoda e Platyhelminthes, dentre outros. A maioria das espécies destes grupos está associada à habitats de fundo dos corpos d'água e por isso é denominada de bentônica (do grego: *benthos* = fundo) (CALLISTO; MORETTI; GOULART, 2001; MÄENPÄÄ *et al.*, 2003).

Utilizar respostas biológicas como indicadores de degradação ambiental pode ser mais vantajoso que usar medidas físicas e químicas da água, pois estas registram apenas o momento em que foram coletadas, como uma fotografia do rio (METCALFE, 1989). Já o grande número de espécies de macroinvertebrados, o comportamento sedentário, o tamanho de seus ciclos de vida e a sensibilidade de resposta a diferentes tipos e níveis de perturbações, torna-os um promissor bioindicador da qualidade da água (RIBEIRO; UIEDA, 2005).

Acerca do disposto considera-se que, assim como a abundância ou escassez de algumas espécies aquática, serve como ferramenta para a avaliação da qualidade e saúde do ecossistema investigado, pois são bioindicadores do grau de poluição. Para tanto, podemos citar a ordem de Plecoptera, Ephemeroptera e Trichoptera para bons indicadores de qualidade ambiental (RAIO; ESPINOZA; BENNEMANN, 2011). Ao passo que as Oligochaeta e Diptera são vinculados à ambientes com elevado estresse ambiental (contaminados).

4.3 Caracterização da bacia do Rio do Campo

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 (2015), 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 MATERIAIS E MÉTODOS

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 a Köppen e Geiger (1900), a classificação do clima é Cfa, tendo uma temperatura média de aproximadamente 21,0 °C.

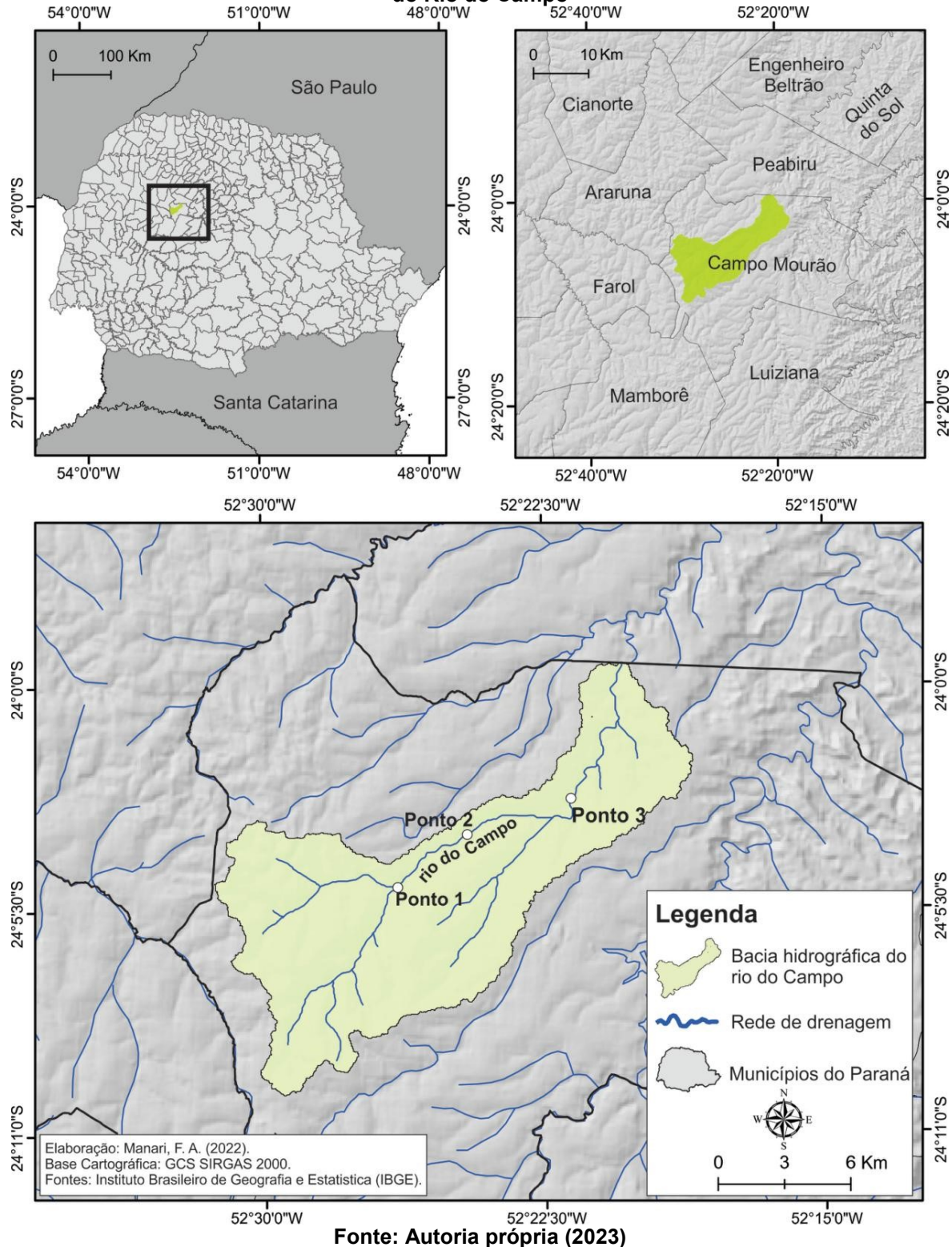
Em relação à fitofisionomia da região, a área da bacia está situada em uma região de transição entre Floresta Ombrófila Mista e Estacional Semidecidual e, portanto, com predomínio do bioma Mata Atlântica. Contudo, também se observa a presença de relictos do bioma Cerrado, o que enriquece a diversidade 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 sequência 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. 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.

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) (ANEXO A). 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 cm 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: Rhyacophilidae 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 Dugesiidae	5
E: Bestidae, Caenidae C: Haliplidae, Curculionidae, Chrysomelidae D: Tabanidae, Stratiomyidae, Empididae, Dolichopodidae, Dixidae, Sciomyzidae, Ceratopogonidae, Anthomyidae, Limoniidae, Psychodidae, Rhagionidae Mg: Sialidae PI: Piscicolidae A: Hydrocarina	4
H: Mesovellidae, Hydrometridae, Gerridae, Nepidae, Naucoridae, Pleidae, Vellidae, Notonectidae, Corixidae C: Helodidae, Hydrophilidae, Higrubiidae, Dytiscidae, Gyrinidae M: Valvatidas, Hydrobiidae, Lymnaeidae, Physidae, Planorbidae, Bithyniidae, Bythinellidae, Spheeridae 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- Platyelminthes; 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 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

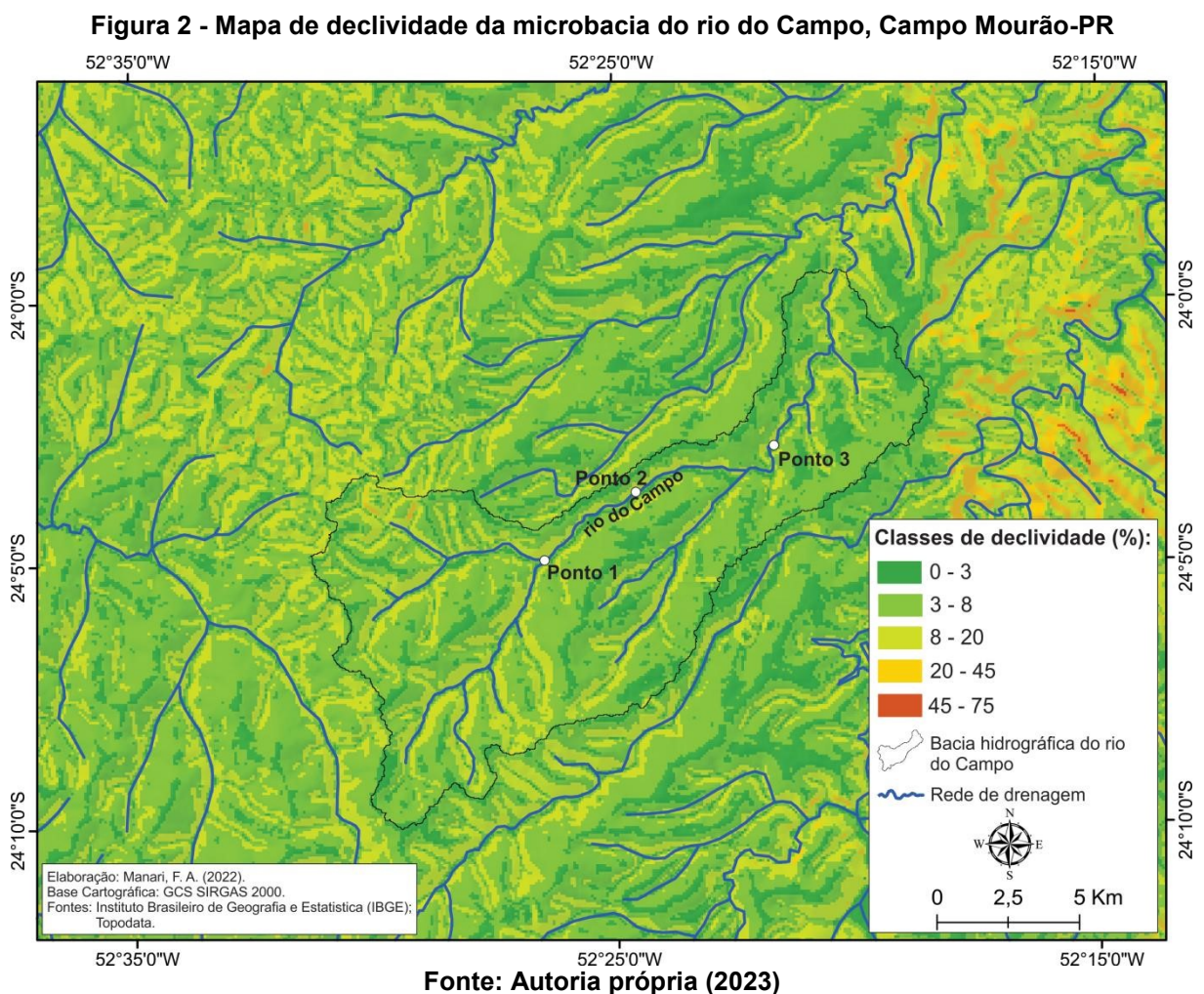
Classe	BMWP	Categoria	Diagnóstico
I	>150	Bom	Água Limpa
	101-150		Limpa ou não alterada significativamente
II	61-100	Aceitável	Limpa, porém levemente impactada
III	36-60	Questionável	Moderadamente impactada
IV	15-35	Crítico	Poluída ou impactada
V		Muito crítico	Altamente poluída

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

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

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).



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.

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

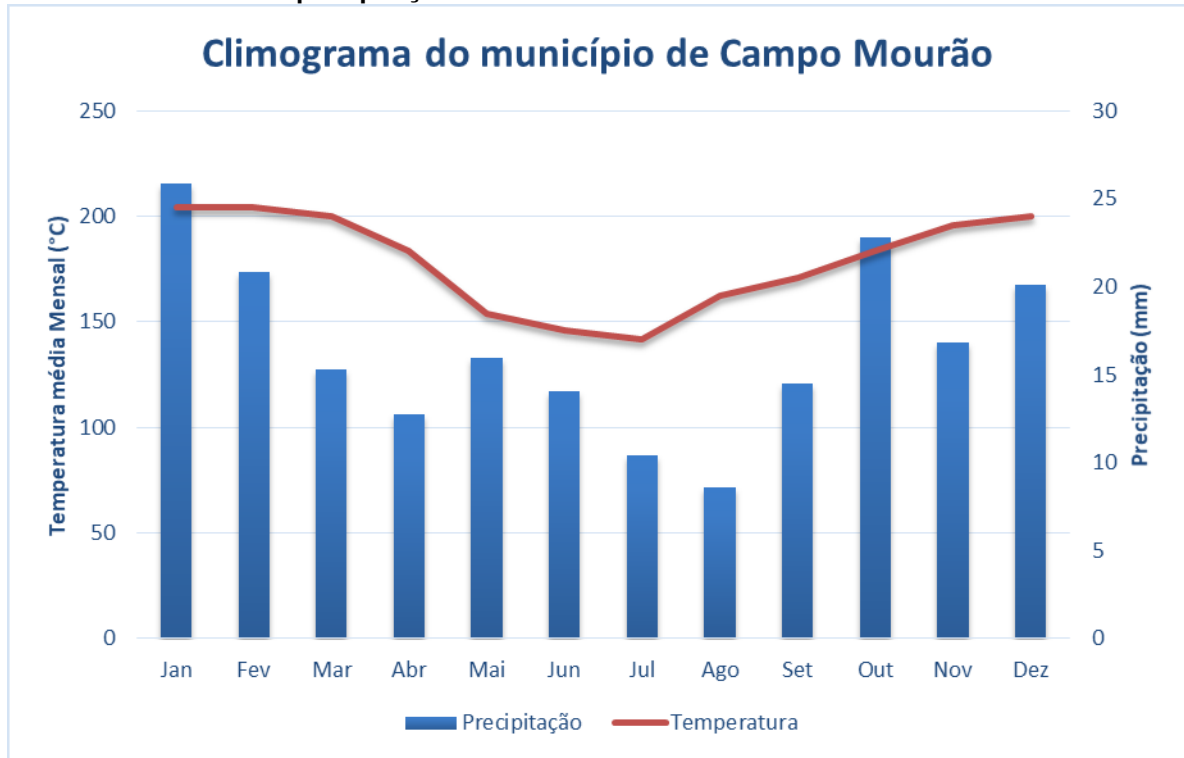
Classes	Categoria	P1		P2		P3	
		%	ha	%	ha	%	ha
0 a 3%	Plano	57	4	46	3.2	44	3.1
3 a 8%	Suave ondulado	25	1.75	44	3.1	46	3.2
8 a 20%	Ondulado	18	1.25	10	0.7	10	0.7
20 a 45%	Forte ondulado	0	0	0	0	0	0
45 a 75%	Montanhoso	0	0	0	0	0	0

Fonte: Autoria própria (2023)

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

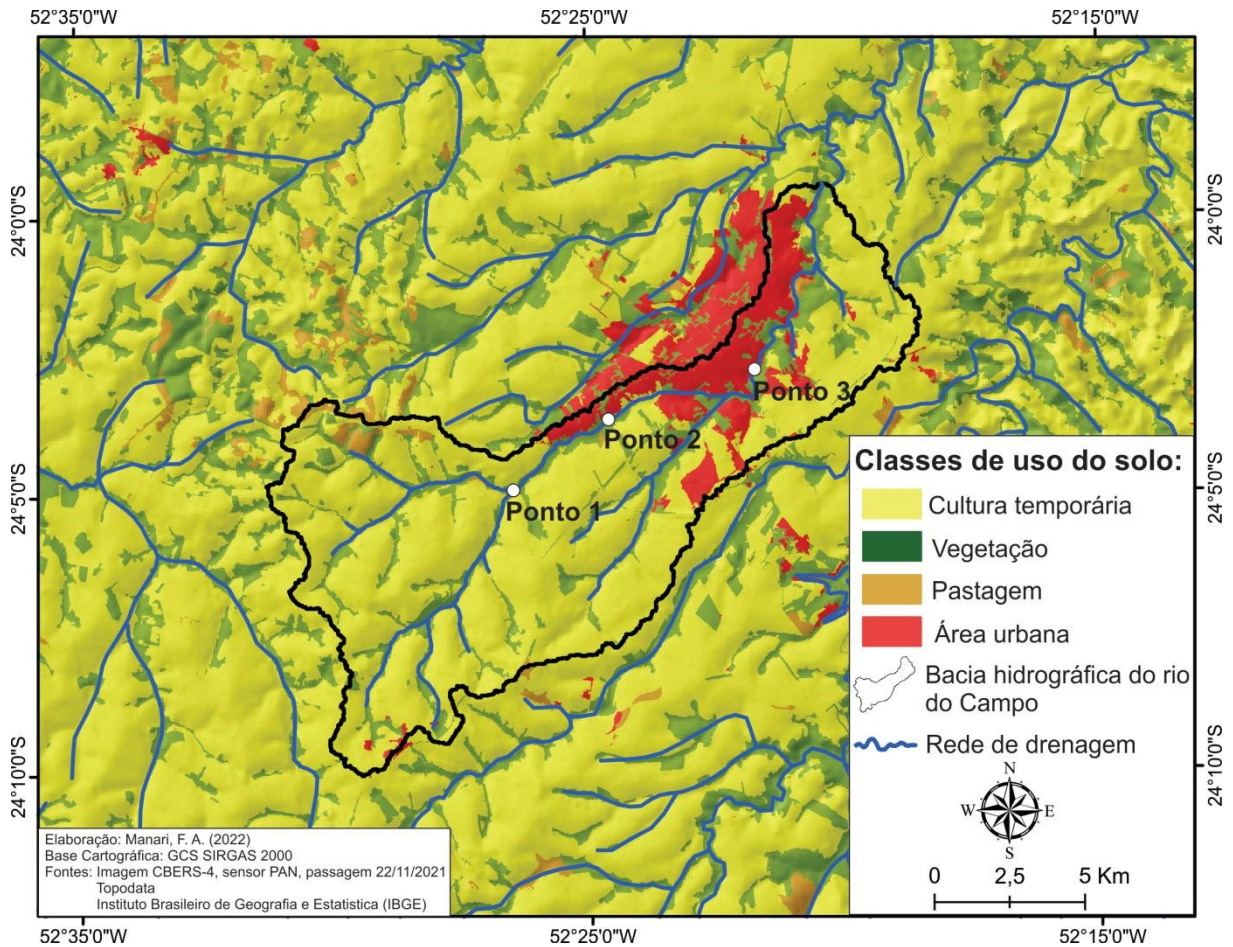


Fonte: Autoria própria (2023)

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.

Figura 3 - Mapa de uso e ocupação do solo do município de Campo Mourão-PR



Fonte: Autoria própria (2023)

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 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.

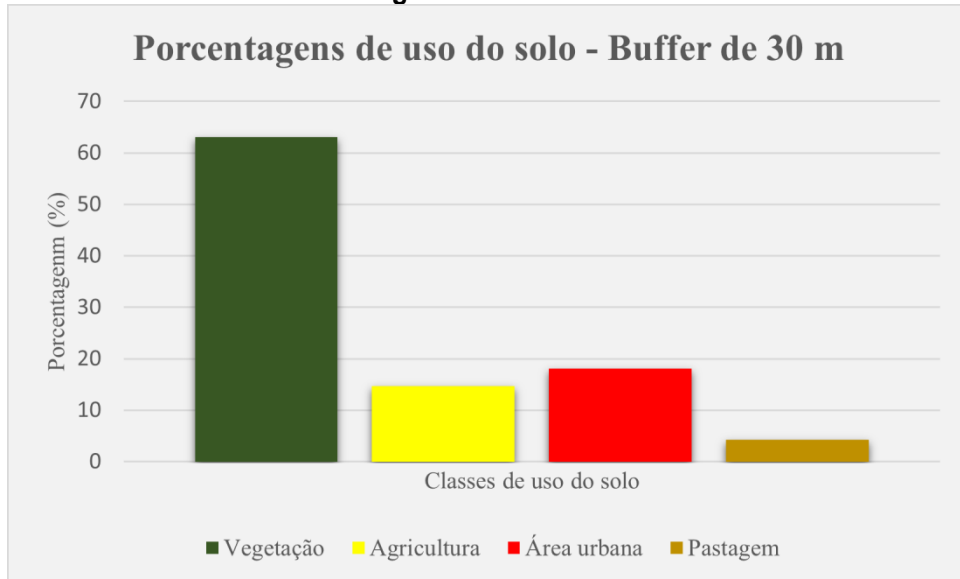
Os conflitos de uso do solo feito através dos *buffers* de delimitações das APP's do Rio do Campo foi produzidos com imagem Google da área, a fim de evidenciar a realidade física das margens e área de captação, tomando como pressuposto o uso do solo no município.

Os conflitos de uso do solo feito com o *buffer* de 30 m revela 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

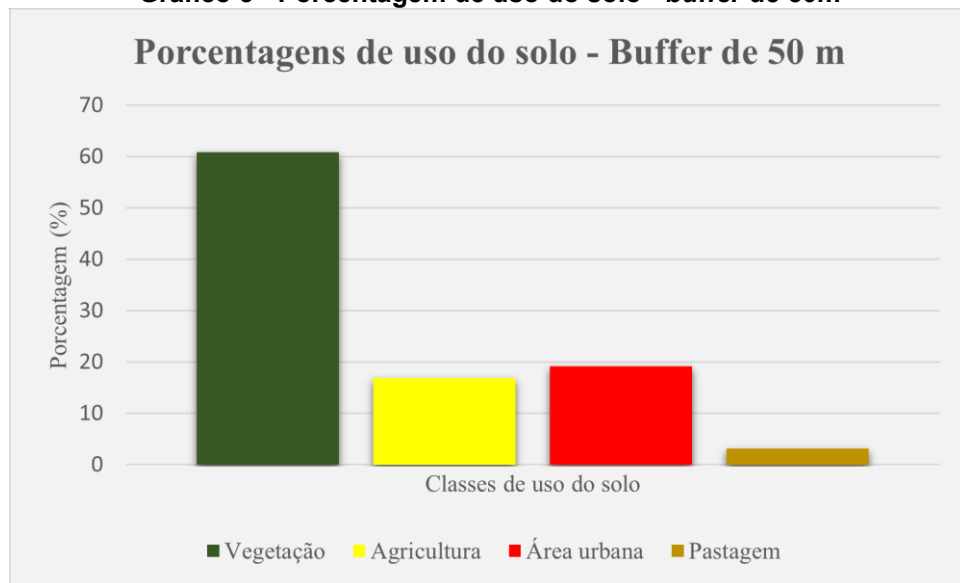
temporária temos 0,736 km², 73,6 hectares com 16,85% da área com plantio. Para a área urbana são 0,835 km², 83,5 hectares e 19,12% de área urbanizada. Já a pastagem, são 0,137 km², 13,7 hectares e 3,13% com pasto.

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



Fonte: Autoria própria (2023)

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

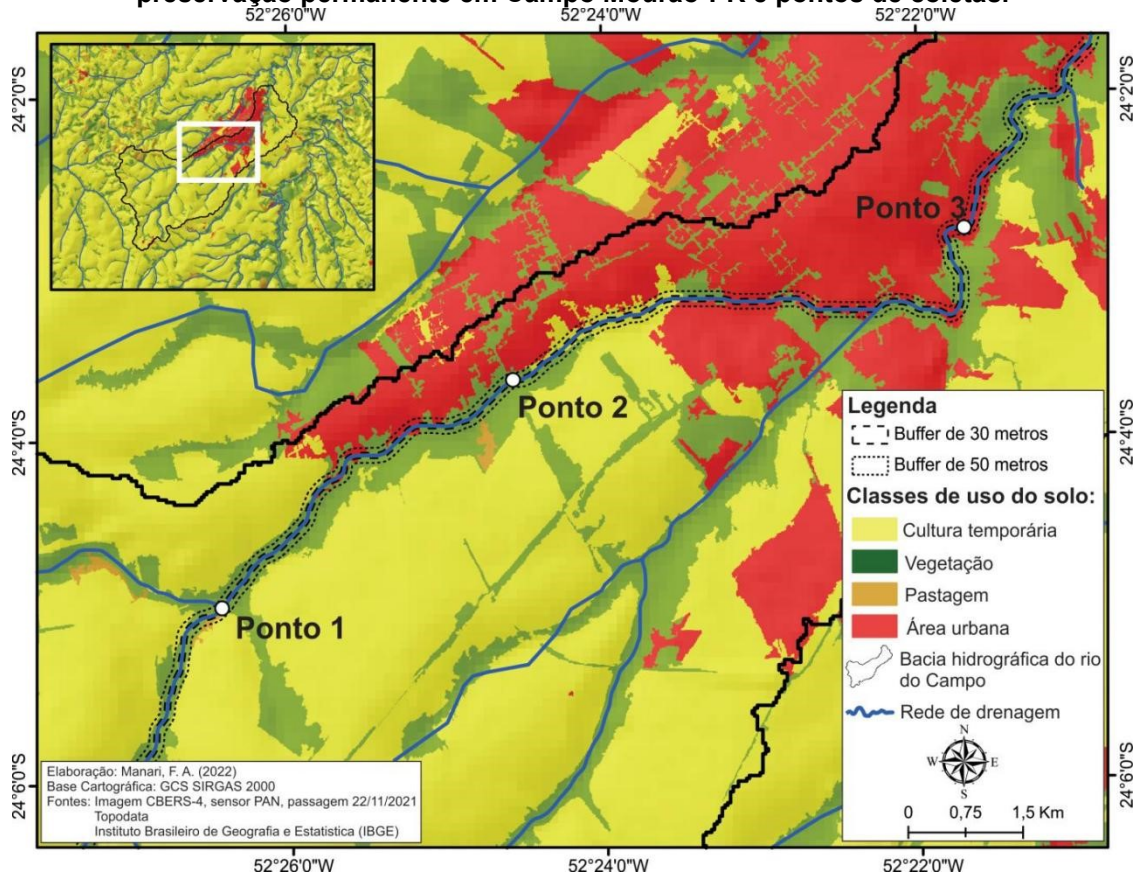


Fonte: Autoria própria (2023)

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.



Fonte: Autoria própria (2023)

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 et al., 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

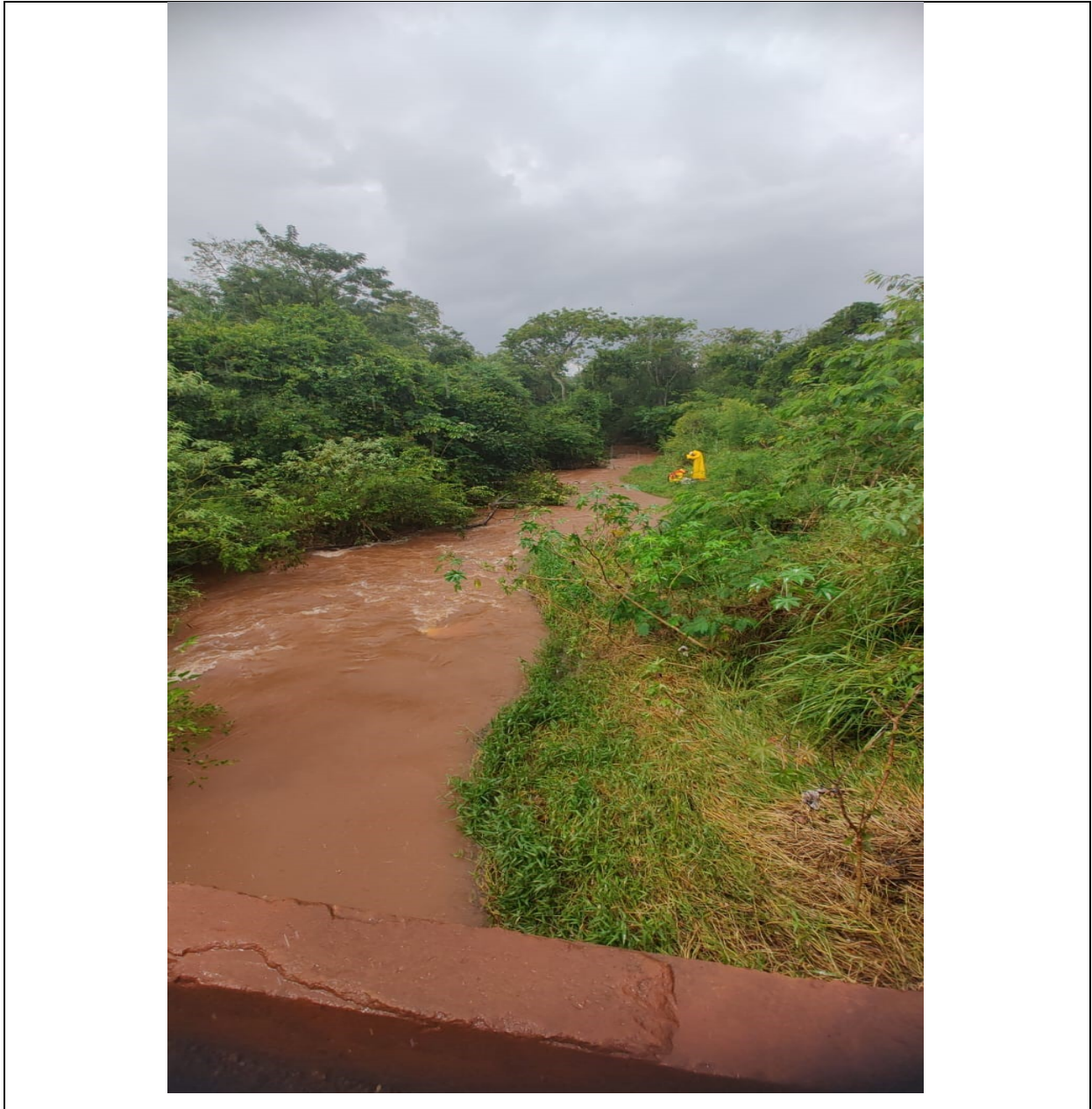
verificaram-se áreas de urbanização, que podem influenciar na degradação do corpo hídrico em um curto prazo de tempo devido ao despejo de resíduos sólidos e líquidos, bem o corte seletivo de madeira para a ocupação irregular da área. Este ponto localiza-se logo após o ponto de captação para o tratamento 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: 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
	4	2	4
2. Erosão próximo ou nas margens	4	2	4
	4	2	4
3. Alterações antrópicas	4	2	2
	4	2	2
4. Cobertura vegetal do leito	4	4	4
	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	(continua)
						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

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

		(conclusão)				
Megaloptera	Sialidae	1			1	4
Oligochaeta	Naididae			3	3	1
Oligochaeta	Tubificidae			1	1	1
Platyhelminthes	Dugesidae	2			2	5
Trichoptera	Hydropsychidae	4	8	80	92	5
BMWP		76	35	45		

Fonte: Aatoria 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, 2013), sendo associada a mudança no uso e ocupação do entorno de corpos hídricos (SONODA *et al.*, 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: 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: Autoria própria (2023)

7 PRODUTO

Esta dissertação de Mestrado Profissional tem como proposta realizar um relatório técnico como produto, disponibilizando a metodologia e resultados para possíveis potencialidades desse material para a formação inicial e continuada para futuros trabalhos na mesma área.

8 CONCLUSÃO

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.
- ANA (Agência Nacional de Águas). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: 2013**. Brasília: ANA, 2013. Disponível em: https://arquivos.ana.gov.br/institucional/spr/conjuntura/ANA_Conjuntura_Recursos_Hidricos_Brasil/ANA_Conjuntura_Recursos_Hidricos_Brasil_2013_Final.pdf. Acesso em: 28 jul. 2023.
- ANA (Agência Nacional de Águas). **Indicadores de qualidade: índice de qualidade das águas (IQA)**. Disponível em: <http://pnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>. Acesso em: 27 maio 2023.
- BERGMAN, Å.; HEINDEL, J.J.; JOBLING, S.; KIDD, K.A.; ZOELLER, R.T. (2012) State of the science of endocrine disrupting chemicals. Suíça: United Nations Environment Programme and the World Health Organization. 260p.
- BERGMANN, M.; PEDROZO, C. S. Explorando a bacia hidrográfica na escola: contribuições à educação ambiental. **Revista Ciência & Educação**, v. 14, n. 3, p. 537-553, 2008. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-73132008000300011>. Acesso em: 12 fev. 2023.
- Bertol, I.; Guadagnin, J. C.; Cassol, P. C.; Amaral, A. J.; Barbosa, F. T. 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.
- BIZZO, M.; MENEZES, J. M.; ANDRADE, S. F. Protocolo de Avaliação Rápida de Rios (PAR). **Caderno de Estudos Geoambientais - CADEGEO**, v. 4, n.1, p. 5-13, 2014. Disponível em: <http://www.cadegeo.uff.br/index.php/cadegeo/article/download/20/19>. Acesso em: 25 maio 2023.
- 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. **Lei n. 9344, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art.

1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em:

https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm. Acesso em: 20 dez. 2022.

BRASIL. **Lei n. 12.651, de 25 de maio de 2012.** Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis n. 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis n. 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória n. 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Brasília: Casa Civil, 2012. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm. Acesso em: 14 mar. 2023.

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.

CALLISTO, M.; MORETTI, M.; GOULART, M.; Macroinvertebrados bentônicos como ferramenta para avaliar a saúde de riachos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 6, n. 1, p. 71-82, jan./mar. 2001. Disponível em:

<http://dx.doi.org/10.21168/rbrh.v6n1.p71-82>
<https://www.periodicos.ufam.edu.br/index.php/revista-geonorte/article/view/1987/1861>. Acesso em: 7 fev. 2023.

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.

CARVALHO, A. T. F. **Metodologia para avaliação de sustentabilidade hidroambiental para projetos de intervenções em rios perenes (MASRios).** 2018. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2018.

CARVALHO, R. G. As bacias hidrográficas enquanto unidades de planejamento e zoneamento ambiental no Brasil. **Caderno Prudentino de Geografia**, v. esp., n. 36, p. 26-43, 2014. Disponível em: <https://revista.fct.unesp.br/index.php/cpg/article/view/3172/2656>. Acesso em: 5 jun. 2023.

CARVALHO, S. S.; SILVA, B.-C. N. Os sistemas de informação geográfica e a questão geográfica. **Revista Geonordeste**, v. 15, n. 1, p. 50-69, 2006. Disponível em: <https://periodicos.ufs.br/geonordeste/article/view/2500/2162>. 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.

COSTA, R. M. S. A.; *et al.* A questão da percepção ambiental no entorno do Parque Estadual do Desengano: desenvolvimento de estratégia para políticas ambientais na Região: resultados preliminares. In: SEMANA NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 5., WORKSHOP DE EXTENSÃO, 6., 2008, Campos dos Goytacazes (RJ), **Anais [...]**, Campos dos Goytacazes (RJ), 2008.

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.

PERESCHI, D. C. Macroinvertebrados Bentônicos como Indicadores da Qualidade da Água em Rios e Reservatórios da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré (SP). Tese de Doutorado da Universidade Federal de São Carlos - São Paulo, 2008.

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

DILLENBURG, A. K. A importância do monitoramento ambiental na avaliação da qualidade de um rio: estudo de caso: Mercedes, PR. **Revista Urutagua - Revista Acadêmica Multidisciplinar**, n. 12, p. 1-10, abr./jul. 2007. Disponível em: <http://www.urutagua.uem.br/012/12dillenburg.pdf>. Acesso em: 14 maio 2023.

FIRMINO, P. F.; MALAFAIA, G.; RODRIGUES, A. S. L. Diagnóstico da integridade ambiental de trechos de rios localizados no município de Ipameri, Sudeste do Estado de Goiás, através de um protocolo de avaliação rápida. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology**, v. 15, n. 2, p. 1-12, 2011. Disponível em: <https://periodicos.univali.br/index.php/bjast/article/view/2102/2078>. Acesso em: 5 fev. 2023.

HANNAFORD, M. J.; BARBOUR, M. T.; RESH, V. H. Training reduces observer variability in visual-based assessments of stream habitat. **Journal of The North American Benthological Society**, v. 16, n. 4, p. 853-860, 1997. Disponível em: <https://doi.org/10.2307/1468176>. Acesso em: 5 fev. 2023.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **IBGE Cidades**. 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br>. Acesso em: 9 out. 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.

KRUPEK, R. A. Análise comparativa entre duas bacias hidrográficas utilizando um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats. **Ambiência**, v. 6, n. 1, p. 147-158, jan./abr. 2010. Disponível em: <https://revistas.unicentro.br/index.php/ambiencia/article/view/981/989>. Acesso em: 5 fev. 2023.

LIRA, W. S.; CÂNDIDO, G. A. (Orgs.). **Gestão sustentável dos recursos naturais: uma abordagem participativa**. Campina Grande (PB): EdUEPB, 2013. Disponível

em: <https://static.scielo.org/scielobooks/bxj5n/pdf/lira-9788578792824.pdf>. Acesso em: 5 fev. 2023.

LOBO, E. A.; VOOS, J. G.; FIEDLER JÚNIOR, E. A. Utilização de um protocolo de avaliação rápida de impacto ambiental em sistemas lóticos do Sul do Brasil. **Caderno de Pesquisa, Série Biologia**, v. 23, n. 1, p. 18-33, 2011. Disponível em: <https://online.unisc.br/seer/index.php/cadpesquisa/article/view/4726/3276>. 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: 255-262, 2011.

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

MÄENPÄÄ, K. A.; *et al.* Bioaccumulation and toxicity of sediment associated herbicides (ioxynil, pendimethalin and bentazone) in *Lumbriculus variegatus* (Oligochaeta) and *chironomus riparius* (Insecta). **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 56, n. 3, p. 398-410, 2003. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0147651303000101>. Acesso em: 5 fev. 2023.

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**. Departamento de Recursos Naturais/Ciências Florestais, Universidade Estadual Paulista - UNESP, Botucatu/SP, Brasil. *Floresta e Ambiente* 2015; 22(2):171-18.

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.

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

MINATTI-FERREIRA, D. D.; BEAUMORD, A. C. Adequação de um protocolo de avaliação rápida de integridade ambiental para ecossistemas de rios e riachos: aspectos físicos. **Revista Saúde e Ambiente**, Joinville, v. 7, n. 1, p. 39-47, 2006. Disponível em: https://www.academia.edu/3652003/Minatti_Ferreira_and_Beaumord_2006. 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_Geomorfologico_Parana_2006.pdf. Acesso em: 10 set. 2022.

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

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. 3. ed. Viçosa (MG): Ed. UFV, 2006.

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

MÜLLER, T.; SILVA, J. P. Expansão urbana e áreas de preservação permanente: o caso do Ribeirão Pinguim nos municípios de Maringá e Sarandi/PR. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 2, p. 13262-13283, fev. 2023. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/24359/19461>. Acesso em: 5 fev. 2023.

OMERNIK, J. M. Ecoregions of conterminous United States. **Annals of the Association of American Geographers**, v. 77, n. 1, p. 118-125, 1987. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1111/j.1467-8306.1987.tb00149.x>. Acesso em: 5 fev. 2023.

PADOVESI-FONSECA, C.; *et al.* Diagnóstico da sub-bacia do ribeirão Mestre d'Armas por meio de dois métodos de avaliação ambiental rápida, Distrito Federal, Brasil Central. **Revista Ambiente & Água**, v. 5, n. 1, p. 43-56, 2010. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/928/92812526005.pdf>. Acesso em: 5 fev. 2023.

PARANÁ. **Portaria n. 19, de 12 de maio de 1992**. Dispõe sobre o enquadramento dos cursos d'água da bacia do Rio Ivaí. Curitiba: Casa Civil, 1992. Disponível em: https://www.iat.pr.gov.br/sites/agua-terra/arquivos_restritos/files/documento/2020-07/enquadramento_b_ivai.pdf. Acesso em: 5 fev. 2023.

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

PIMENTA, S. M., PEÑA, A. P.; GOMES, P. S. Aplicação de métodos físicos, químicos e biológicos na avaliação da qualidade das águas em áreas de aproveitamento e hidroelétrico da bacia do rio São Tomás, município de Rio Verde-Goiás. **Sociedade & Natureza**, v. 21, n. 3, p. 393-412, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1982-45132009000300013>. Acesso em: 5 fev. 2023.

RAIO, C. B.; ESPINOZA, A. A.; BENNEMANN, S. T. Diversidade e similaridade entre populações de insetos aquáticos em riachos de primeira e segunda ordem, sul do Brasil. **Semina: Ciências Biológicas e da Saúde**, v. 32, n. 1, p. 69-76, jan./jun. 2011. Disponível em:

<https://ojs.uel.br/revistas/uel/index.php/seminabio/article/view/3999/8814>. Acesso em: 5 fev. 2023.

RESH, V. H.; JACKSON, J. K. Rapid assessment approaches to biomonitoring using benthic macroinvertebrates. *In*: ROSENBERG, D. M.; RESH, V. H. (Eds.). **Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates**. New York: Chapman & Hall, 1993. p. 195-233.

RIBEIRO, L. O.; UIEDA, V. S. Estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentônicos de um riacho de serra em Itatinga, São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 22, n. 3, p. 613-618, 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbzoool/a/dvvgCrCVyrGHrs3W7nSCwXS/?format=pdf>. Acesso em: 5 fev. 2023.

RODRIGUES, A. S. L.; CASTRO, P. T. A. Protocolos de avaliação rápida: instrumentos complementares no monitoramento dos recursos hídricos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 13, n. 1, p. 161-170, 2008. Disponível em: <https://biblat.unam.mx/hevila/RBRHRevistabrasileiraderecursoshidricos/2008/vol13/n01/14.pdf>. Acesso em: 5 fev. 2023.

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, Unesc - Criciúma 2013.

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/RBRHRevistabrasileiraderecursoshidricos/2008/vol13/n01/14.pdf>. Acesso em: 5 fev. 2023.

SILVA, R. A. F.; *et al.* Metodologia de avaliação socioambiental participativa, integrando o saber acadêmico e o popular para um planejamento sustentável para o lago Iripixi, Oriximiná, Estado do Pará, Brasil. **Revista Pan-Amazônica de Saúde**, v. 5, n. 3, p. 25-38, 2014. Disponível em: <http://scielo.iec.gov.br/pdf/rpas/v5n3/2176-6223-rpas-5-03-25.pdf>. Acesso em: 8 out. 2022.

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. **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.

SOUZA, M. L. Território e (des)territorialização. *In*: SOUZA, M. L. **Os conceitos fundamentais da pesquisa sócio-espacial**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2013.

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

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2. ed. Porto Alegre: Ed. UFRGS/ABRH, 2001. (Coleção ABRH de Recursos Hídricos, v. 4).

VARGAS, J. R. A.; FERREIRA JÚNIOR, P. D. Aplicação de um protocolo de avaliação rápida na caracterização da qualidade ambiental de duas microbacias do rio Guandu, Afonso Cláudio, ES. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 17, n. 1, p. 161-168, 2012. Disponível em: 10.21168/rbrh.v17n1.p161-16. Acesso em: 8 out. 2022.

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

WASHINGTON, H. G. Diversity, biotic and similarity indices: a review with special relevance to aquatic ecosystems. **Water Research**, v. 18, n. 6, p. 653-694, 1984. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0043135484901647>. Acesso em: 8 out. 2022.

WATZIN, M. C.; MACINTOSH, A. W. Aquatic ecosystems in agricultural lands capes: a review of ecological indicators and achievable ecological outcomes. **Journal of Soil and Water Conservation**, v. 54, n. 4, p. 636-644, out. 1999. Disponível em: <https://www.jswconline.org/content/54/4/636>. Acesso em: 8 out. 2022.

WHITTIER, T. R.; HUGUES, R. M.; LARSEN, D. P. Correspondence between ecoregions and spatial patterns in stream ecosystem in Oregon. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 45, n. 7, p. 1264-1278, jul. 1988. Disponível em: <https://cdnsiencepub.com/doi/10.1139/f88-149>. Acesso em: 8 out. 2022.

XAVIER, A. L.; TEIXEIRA, D. A. Diagnóstico das nascentes da sub-bacia hidrográfica do rio São João em Itaúna, MG. *In*: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 7., 2007, Caxambu. **Anais [...]**, Caxambu (MG): SEB, 2007. p. 1-2. Disponível em: <http://www.seb-ecologia.org.br/revistas/indexar/anais/viiiceb/pdf/1597.pdf>. Acesso em: 8 out. 2022.

ANEXO A - Protocolo de Avaliação Rápida por Callisto *et al.* (2002)

Protocolo de Avaliação Rápida por Callisto *et al.* (2002)

Localização:	Rio do Campo no Município de Campo Mourão PR		
Data da coleta:			
Hora da coleta:			
Tempo - Situação do dia:			
Tipo do Ambiente	Córrego () Rio ()		
Largura:			
Profundidade:			
Temperatura da água:			
Parâmetros	Pontuação		
	4 pontos	2 pontos	0 pontos
1. Tipo de ocupação das margens do corpo d' água (principal atividade)	Vegetação natural	Campo de pastagem/ Agricultura/ Monocultura/ Reflorestamento	Residencial/ Comercial/ Industrial
2. Erosão próxima e ou nas margens do rio e assoreamento do seu leito	Ausente	Moderada	Acentuada
3. Alterações antrópicas	Ausente	Alterações de origem doméstica (esgoto, lixo)	Alteração de origem industrial/ urbana (fábricas, siderurgias, canalização do curso do rio)
4. Cobertura vegetal no leito	Parcial	Total	Ausente
5. Odor da água	Nenhum	Esgoto (ovo podre)	Óleo/ Industrial
6. Oleosidade da água	Ausente	Moderado	Abundante
7. Transparência da água	Transparente	Turva (cor de chá forte)	Opaca ou colorida
8. Odor do sedimento (fundo)	Nenhum	Esgoto (ovo podre)	Óleo/ Industrial
9. Oleosidade de fundo	Ausente	Moderado	Abundante
10. Tipo de fundo	Pedras/ cascalho	Lama/areia	Cimento/ canalizado

Parâmetros	Pontuação			
	5 pontos	3 pontos	2 pontos	0 pontos
11- Tipos de fundo	Mais de 50% com habitats diversificados (pedaços de troncos, submersos, cascalhos e estáveis).	30 a 50 % de habitats diversificados; habitats adequados para a manutenção das populações de organismos aquáticos.	10 a 30 % de habitats diversificados; disponibilidade de habitats insuficiente, substratos frequentemente modificados.	Menos que 10 % de habitats diversificados; ausência de habitats óbvia; substrato rochoso instável para fixação dos organismos.
12- Extensão de rápidos.	Rápidos e corredeiras bem desenvolvidos; remansos tão largos quanto o rio e com o comprimento igual ao dobro da largura do rio.	Rápidos com a largura igual à do rio, mas com comprimento menos do que o dobro da largura do rio.	Trechos rápidos podem estar ausentes; rápidos não tão largos quanto o rio e seu comprimento menos que o dobro da largura do rio.	Rápidos ou corredeiras inexistentes.
13- Frequências de rápidos	Rápidos relativamente frequentes; distâncias entre remansos dividida pela largura do rio entre 5 e 7.	Rápidos não frequentes; distâncias entre remansos dividida pela largura do rio entre 7 e 15.	Rápidos ou corredeiras ocasionais; habitats formados pelos contornos do fundo; distância entre remansos dividida pela largura do rio entre 15 e 25.	Geralmente com lâmina d' água 'lisa' ou com rápidos rasos, pobreza de habitats; distância entre rápidos dividida pela largura do rio > 25.
14- Tipos de substrato	Seixos abundantes (principalmente em nascentes de rios).	Seixos abundantes; cascalho comum.	Fundo formado predominantemente por cascalho; alguns seixos	Fundo pedregoso; seixos ou lamoso.
15- Deposição de lama	Entre 0 e 25 % do fundo coberto por lama (silte e argila).	Entre 25 e 50 % do fundo coberto por lama.	Entre 50 e 75 % do fundo coberto por lama	Mais de 75 % do fundo coberto por lama.
16- Depósitos sedimentares	Menos de 5 % do fundo com deposição de lama; ausência de deposição nos remansos. Provavelmente, a correnteza arrasta tudo o material fino.	Alguma evidência de modificação no fundo, principalmente aumento de cascalho, areia ou lama; 5 a 30 % do fundo afetado, suave deposição nos remansos.	Deposição moderada de cascalho novo, areia ou lama nas margens; entre 30 e 50 % do fundo afetado; deposição moderada nos remansos.	Grandes depósitos de lama, margens assoreadas; mais de 50 % do fundo modificado; remansos ausentes devido à significativa deposição de sedimentos.
17- Alterações no canal do rio.	Canalização (retificação) ou dragagem ausente ou mínima; rio com padrão normal.	Alguma canalização presente, normalmente próximo à construção de pontes; evidência de modificação há	Alguma modificação presente nas duas margens; 40 a 80 % do rio modificado.	Margens cimentadas; acima de 80 % do rio modificado.

Parâmetros	Pontuação			
	5 pontos	3 pontos	2 pontos	0 pontos
		mais de 20 anos.		
18- Características do fluxo das águas.	Fluxo relativamente igual em toda a largura do rio; mínima quantidade de substrato exposta.	Lâmina d' água acima de 75 % do canal do rio; ou menos de 25 % do substrato exposto.	Lâmina d' água entre 25 e 75 % do canal do rio, e/ou maior parte do substrato nos rápidos exposto.	Lâmina d' água escassa e presente apenas nos remansos.
19- Presença de vegetação ripária.	Acima de 90 % com vegetação ripária nativa, incluindo árvores, arbustos ou macrófitas, mínima evidência de desflorestamento; todas as plantas atingindo a altura 'normal' .	Entre 70 e 90 % com vegetação ripária nativa; desflorestamento evidente, mas não afetando o desenvolvimento da vegetação; maioria das plantas atingindo a altura 'normal' .	Entre 50 e 70 % com vegetação ripária nativa, desflorestamento óbvio; trechos com solo exposto ou vegetação eliminada; menos da metade das plantas atingindo a altura 'normal' .	Menos de 50 % da vegetação ripária nativa; desflorestamento muito acentuado.
20- Estabilidade das margens.	Margens estáveis; evidência de erosão mínima ou ausente; pequeno potencial para problemas futuros. Menos de 5 % da margem afetada.	Moderadamente estáveis; pequenas áreas de erosão frequentes. Entre 5 e 30 % da margem com erosão.	Moderadamente instável; entre 30 e 60 % da margem com erosão. Risco elevado de erosão durante enchentes.	Instável; muitas áreas com erosão, frequentes áreas descobertas nas curvas do rio; erosão óbvia entre 60 e 100 % da margem.
21- Extensão da vegetação ripária.	Largura da vegetação ripária maior que 18 m; sem influência de atividades antrópicas (agropecuária, estradas, etc.).	Largura da vegetação ripária entre 12 e 18 m; mínima influência antrópica.	Largura da vegetação ripária entre 6 e 12 m; influência antrópica intensa.	Largura da vegetação ripária menor que 6 m; vegetação restrita ou ausente devido atividade antrópica.
22- Presença de plantas aquáticas	Pequenas macrófitas aquáticas e/ou musgos distribuídos pelo leito.	Macrófitas aquáticas ou algas filamentosas ou musgos distribuídos no rio, substrato com perifiton.	Algas filamentosas ou macrófitas em poucas pedras ou alguns remansos, perifiton abundantes e biofilme.	Ausência de vegetação aquática no leito do rio ou grandes bancos de macrófitas.
Soma:				