UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
CAMPUS CHAPECÓ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU EM GEOGRAFIA
CURSO MESTRADO EM GEOGRAFIA

MICHELLI ZAMBONI

AVALIAÇÃO DO SISTEMA FLUVIAL URBANO DE CHAPECÓ/SC ATRAVÉS DO PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO RÁPIDA DE RIOS URBANOS (PARU)

CHAPECÓ E ERECHIM
2024

MICHELLI ZAMBONI

AVALIAÇÃO DO SISTEMA FLUVIAL URBANO DE CHAPECÓ/SC ATRAVÉS DO PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO RÁPIDA DE RIOS URBANOS (PARU)

Dissertação apresentada ao Programa de PósGraduação em Geografia da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS) como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Andrey Luis Binda

CHAPECÓ E ERECHIM

2024

Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS

Zamboni, Michelli
Avaliação do sistema fluvial urbano de Chapecó/SC através do Protocolo de Avaliação Rápida de Rios Urbanos (PARU) / Michelli Zamboni. -- 2024.
123 f.:il.

Orientador: Doutor Andrey Luis Binda

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal da Fronteira Sul, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Chapecó,SC; Erechim,RS, 2024.

1. Hidrografia. 2. Bacias Hidrográficas Urbanas. I. Binda, Andrey Luis, orient. II. Universidade Federal da Fronteira Sul. III. Título.

Elaborada pelo sistema de Geração Automática de Ficha de Identificação da Obra pela UFFS com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

MICHELLI ZAMBONI

AVALIAÇÃO DO SISTEMA FLUVIAL URBANO DE CHAPECÓ/SC ATRAVÉS DO PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO RÁPIDA DE RIOS URBANOS (PARU)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS) como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Geografia.

Este trabalho foi defendido e aprovado pela banca em 15/05/2024

BANCA EXAMINADORA

gov.br Documento assinado digitalmente
ANDREY LUIS BINDA
Data: 17/06/2024 08:35:01-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr. Andrey Luis Binda – UFFS
Orientador

gov.br Documento assinado digitalmente
MAURICIO MEURER
Data: 17/06/2024 09:43:41-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr. Maurício Meurer – UFPEL
Avaliador

gov.br Documento assinado digitalmente
WILLIAM ZANETE BERTOLINI
Data: 17/06/2024 09:22:22-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr. William Zanete Bertolini – UFFS
Avaliador

AGRADECIMENTOS

A presente dissertação não poderia chegar ao fim sem ter o apoio de várias pessoas. Nestes anos de pesquisa, de esforço, estudo e empenho, gostaria então, de agradecer a realização desta meta. Primeiramente, agradeço o apoio da minha família nessa trajetória, minha mãe Ilse, meu pai Denilson e meu irmão Maycon, pelas várias vezes que me auxiliaram, me incentivaram e estiveram me apoiando e desejando o melhor para mim. Obrigada por sempre desejarem o melhor para mim, e pelo esforço que fizeram para que eu pudesse superar os obstáculos e chegar até aqui.

Agradeço ao meu marido Marcos, por sempre me auxiliar, por estar comigo nos momentos difíceis onde precisou ter paciência. Obrigada por me motivar e por se fazer presente sempre, seja me auxiliando em casa ou indo comigo aos trabalhos de campo. Você foi e é muito importante nessa conquista. Aos amigos e família que me acompanharam nesta trajetória, que me deram atenção, estiveram presentes, me motivando e me animando, promovendo bem estar social na minha vida.

Obrigada à Universidade Federal da Fronteira Sul e aos meus professores que estiveram presentes desde minha graduação e sempre foram exemplo a ser seguidos. Ao Programa de Pós Graduação em Geografia (PPGGeo) pela oportunidade de um curso de qualidade e gratuito. Ao meu orientador, professor Dr. Andrey Luis Binda, sem ele nada disso seria possível. Obrigada por me orientar na graduação, por me incentivar a ingressar no mestrado, por se fazer presente em todas as dificuldades e por ser compreensivo quando necessário! Agradeço a paciência nas orientações, pelo empenho em desenvolver um bom trabalho, e acima de tudo, obrigada por repassar seu conhecimento, me fazendo crescer a cada passo neste programa.

Agradeço ainda ao Programa de Bolsas Universitárias de Santa Catarina (UNIEDU), que me auxiliou muito durante a trajetória, através do fornecimento de uma bolsa de estudos. Também agradeço a todos que de alguma maneira estiveram presentes no percurso deste projeto. Por fim, agradeço aos meus guias, por estarem sempre presentes me sustentando e abrindo os caminhos para a finalização deste projeto.

Ọpọ̀ ló fẹ́ láàpa lái lápá, bí èèyàn ò sì lápá, kò leè láàpa.

“Muitos querem deixar uma marca
sem fazer esforço, mas sem esforço,
nenhuma marca pode ser feita."

Provérbio Yorùbá

RESUMO

A expansão da urbanização e o crescimento populacional trouxeram desafios à gestão dos municípios devido às ocupações irregulares, principalmente aquelas próximas aos rios. Esse processo de crescimento das cidades promove alterações no ambiente, e neste caso, desde modificações no uso da terra das bacias hidrográficas, como também, diretamente sobre os cursos d'água. Nesse sentido, rios que drenam as áreas urbanas têm seus processos e dinâmicas naturais afetados por diversas variáveis, que modificam direta e indiretamente o ecossistema como um todo. Diante desta problemática, este trabalho tem como objetivo analisar o atual estado dos rios urbanos da cidade de Chapecó/SC por meio da aplicação do Protocolo de Avaliação de Rios Urbanos (PARU). Foram definidos 100 pontos para a aplicação do PARU distribuídos em diversos pontos de rios situados nas bacias hidrográficas urbanas da cidade de Chapecó. Por ser um protocolo quali-quantitativo, os resultados obtidos foram expostos neste trabalho, conforme a classificação em: péssimos, ruins, regulares, bons e ótimos, considerando o escore obtido no PARU. Neste quesito, foi necessário adaptar a classificação formulada por Campos e Nucci em 2021, ajustando a pontuação e incluindo uma classe a mais para que os resultados finais fossem melhor adaptados à realidade local. Os resultados obtidos evidenciam que as classes como péssimo e ruim, localizam-se nas áreas com maior intensidade de urbanização, onde existem alterações antrópicas bastante antigas. Já os pontos considerados ótimos foram encontrados nas áreas periurbanas ou próxima às nascentes, mostrando assim que existe maior naturalidade nestes locais. Analisando o resultado geral, observa-se que as classes mais encontradas foram regular ou boa, demonstrando que a rede de drenagem da cidade embora apresente modificações induzidas pela ação humana, ainda preserva características que as colocam numa condição satisfatória. Além disso, através destes resultados foi possível observar as alterações diretas e indiretas nos rios urbanos da cidade e também analisar possíveis sugestões de melhorias na gestão de bacias hidrográficas.

Palavras-chave: Bacias Hidrográficas Urbanas. Urbanização. Sistemas Fluviais Urbanos.

ABSTRACT

The expansion of urbanization and population growth have brought challenges to the management of municipalities due to irregular occupations, especially those close to rivers. This process of city growth promotes changes in the environment, and in this case, from changes in the use of land in river basins, as well as directly on water courses. In this sense, the rivers that drain urban areas have their natural processes and dynamics affected by several variables, which directly and indirectly modify the ecosystem as a whole. Faced with this problem, this work aims to analyze the current state of urban rivers in the city of Chapecó/SC through the application of the Urban River Assessment Protocol (PARU). 100 points were defined for the application of PARU distributed in different points of rivers located in the urban hydrographic basins of the city of Chapecó. As it is a qualitative-quantitative protocol, the results obtained were presented in this work, according to the classification into: terrible, ruinous, regular, good and excellent, considering the score obtained in the PARU. In this regard, it was necessary to adapt the classification formulated by Campos and Nucci in 2021, adjusting the score and including an additional class so that the final results were better adapted to the local reality. The results obtained show that classes such as terrible and bad are located in areas with greater urbanization intensity, where there are very old anthropogenic changes. The points considered optimal were found in peri-urban areas or close to springs, thus showing that there is greater naturalness in these places. Analyzing the general result, it is observed that the most found classes were regular or good, demonstrating that the city's drainage network, although it presents modifications induced by human action, still preserves characteristics that place it in a satisfactory condition. Furthermore, through these results it was possible to observe direct and indirect changes in the city's urban rivers and also analyze possible suggestions for improvements in river basin management.

Keywords: Urban Watersheds. Urbanization. Urban River Systems.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização da cidade de Chapecó/SC com delimitação da área de estudo.....51
Figura 2 - Bacias hidrográficas e pontos de coleta de dados.....63
Figura 3 - Pontos de análise representativos de estabilidade das margens.....66
Figura 4 - Pontos de análise representativos de presença e estado de conservação da mata ciliar.....67
Figura 5 - Pontos de análise representativos de ocupação das margens do rio.....69
Figura 6 - Pontos de análise representativos de resíduos sólidos (lixo).....70
Figura 7 - Pontos de análise representativos de esgoto doméstico e efluente industrial.....71
Figura 8 - Pontos de análise representativos de alterações antrópicas no canal fluvial.....72
Figura 9 - Pontos de análise representativos de deposição de sedimentos.....74
Figura 10 - Pontos de análise representativos de substratos e/ou habitats disponíveis.....75
Figura 11 - Pontos de análise representativos de soterramento.....76
Figura 12 - Pontos de análise representativos de animais.....77
Figura 13 - Pontos coletados na Bacia Hidrográfica do Lajeado da Divisa.....79
Figura 14 - Fotografias de alguns pontos de coleta Lajeado da Divisa.....81
Figura 15- Pontos coletados na Bacia Hidrográfica do Lajeado Taquarussuzinho....83
Figura 16 - Fotografias de alguns pontos de coleta no Lajeado Taquarussuzinho....84
Figura 17 - Pontos coletados na Bacia Hidrográfica do Lajeado São José.....87
Figura 18 - Fotografias de alguns pontos de coleta no Lajeado São José.....89
Figura 19 - Pontos coletados na Bacia Hidrográfica do Lajeado Passo dos Índios....91
Figura 20 - Fotografias dos pontos de coleta na Sanga Bela Vista.....93
Figura 21 - Fotografias dos pontos de coleta no Lajeado Passo dos Fortes.....95
Figura 22 - Fotografias dos pontos de coleta na Sanga Iracema.....96
Figura 23 - Fotografias dos pontos de coleta no Lajeado Passo dos Fortes – continuação.....97
Figura 24 - Fotografias dos pontos de coleta no Lajeado Passo dos Índios e afluentes (Parte 1).....98

Figura 25 - Fotografias dos pontos de coleta no Lajeado Passo dos Índios e afluentes (Parte 2).....100
Figura 26 - Fotografias dos pontos de coleta no Lajeado Passo dos Índios.....101
Figura 27 - Fotografias dos pontos de coleta no Lajeado Santa Maria.....103
Figura 28 - Fotografias dos pontos de coleta no Lajeado Santo Antônio.....104
Figura 29 - Fotografias dos pontos de coleta no Lajeado Palmital.....105
Figura 30 - Bacias Hidrográficas Urbanas e pontos de coleta com resultados.....107

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Hierarquia de inventários fluviais.....20
Quadro 2 – Protocolo de Avaliação Rápida para rios urbanos (PARU) - Primeira versão.....40
Quadro 3 – Síntese dos problemas e soluções do PAR.....43
Quadro 4 – Protocolo de Avaliação Rápida de Rios Urbanos (PARU) - Versão Final.....45
Quadro 5 – Protocolo de Avaliação Rápida de Rios Urbanos (PARU).....60

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Condição geral do rio conforme pontuação total do PARU.....46
Tabela 2 – Condição geral do rio conforme pontuação total do PARU – Adaptado.....64

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Resultados obtidos com a aplicação do PARU em Chapecó/SC.....109

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....15
2 MÉTODOS, ÍNDICES E PROTOCOLOS PARA AVALIAÇÃO DE RIOS.....19
2.1 CLASSIFICAÇÃO DE RIOS NATURAIS.....20
2.2 ÍNDICE HIDROGEOMORFOLÓGICO (IHG).....23
2.3 METODOLOGIA DOS ESTILOS FLUVIAIS – RIVER STYLES FRAMEWORK® ..27
2.4 BIOMONITORAMENTO.....32
2.5 PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO RÁPIDA DE RIOS.....36
2.6 PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO RÁPIDA DE RIOS URBANOS (PARU).....40
3 ÁREA DE ESTUDO.....48
3.1 ASPECTOS FÍSICOS.....52
3.1.1 Geologia.....52
3.1.2 Relevo.....53
3.1.3 Clima.....54
3.1.4 Vegetação.....55
3.1.5 Hidrografia.....57
4 METODOLOGIA.....60
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....64
5.1 AVALIAÇÃO DA APLICABILIDADE DO PARU EM CHAPECÓ/SC.....65
5.2 O PARU POR BACIAS HIDROGRÁFICAS.....78
5.2.1 Bacia Hidrográfica Lajeado da Divisa.....78
5.2.2 Bacia Hidrográfica Lajeado Taquarussuzinho.....82
5.2.3 Bacia Hidrográfica Lajeado São José.....85
5.2.4 Bacia Hidrográfica Lajeado Passo dos Índios.....90
5.3 RESULTADO GERAL.....106
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....111
REFERÊNCIAS.....114

1 INTRODUÇÃO

Os sistemas fluviais têm sido alvo de fortes alterações em função de atividades advindas da ocupação humana desordenada. As transformações urbanas de paisagens fluviais referem-se às mudanças que ocorrem nas áreas urbanas próximas aos rios ou outras massas de água. Essas intervenções podem ser vistas na formação das cidades, mas que podem afetar direta ou indiretamente outros locais. Tais modificações causam degradação em comunidades ecológicas e nos últimos anos, os estudos nesta área vêm ganhando destaque (Chin, 2006).

O desenvolvimento urbano transformou as paisagens fluviais gerando um impacto nas comunidades locais, mudando os regimes hidrológicos e sedimentológicos, além de ajustes morfológicos nos próprios cursos d'água (Chin, 2006). Para Hooke (2000), o ser humano é considerado um agente geomorfológico, pois suas atividades têm um impacto significativo desde os primórdios das civilizações, modificando a paisagem terrestre em diversos aspectos, principalmente por meio da movimentação de solo e rocha, para ocupação urbana e agricultura.

Com a expansão da cidade em direção ao médio e alto curso das bacias hidrográficas, podem surgir consequências significativas para a hidrologia local. A implementação de infraestruturas, como aterramentos, canalizações e retificações de cursos d'água, podem piorar ainda mais a situação, uma vez que aumenta a velocidade do fluxo e a transferência de água para jusante, contribuindo para a intensificação dos picos de vazão. Para minimizar os efeitos dessas inundações, esses trechos são frequentemente retificados e canalizados, o que incorre apenas na transferência do problema a jusante (Tucci, 2003; Botelho, 2011).

As águas superficiais fazem parte da riqueza dos recursos hídricos do país. No Brasil, a rede hidrográfica é um recurso natural essencial. Os fatores que influenciam o regime hídrico e a produção de sedimentos nas bacias hidrográficas urbanizadas dependem da ação conjunta das condições naturais e das atividades antrópicas. Fatores estes, que apresentam características específicas em razão da dominância do ambiente, principalmente a distribuição da precipitação, o tipo de geologia e de solo e a forma como o espaço é ocupado (Cunha, 2006).

O estudo dos sistemas fluviais permeia diferentes escalas temporais e espaciais, que são variáveis importantes na delimitação da área de estudo e ocorrência dos acontecimentos. Essas escalas se inter-relacionam no sentido de que

os cursos d'água são muito dinâmicos, mesmo sem a ação antrópica. Segundo Christofoletti (1999), o objeto da geografia física pode ser considerado o estudo dos sistemas ambientais, onde os mesmos podem representar a dinâmica da organização espacial resultante da interação e combinação dos componentes físicos da natureza com a dimensão espacial.

As bacias hidrográficas podem ser consideradas unidades espaciais e de planejamento, seja para fins acadêmicos, para projetos públicos e também na realização de projetos ambientais (Pires; Santos; Dal Prette, 2002). Com o aumento populacional e a crescente urbanização de vários espaços, houve um aumento na demanda de abordagens e diversificação por esses estudos e neste caso, a bacia hidrográfica pode ser vista como um sistema fluvial e ambiental, tendo componentes e variáveis diversificadas.

A qualidade de vida das pessoas que vivem próximas aos rios tem sido negativamente impactada, pois, além da perda da biodiversidade local, aumentam os riscos de enchentes e deslizamentos de encostas (Gorski, 2008). Essas áreas são particularmente vulneráveis a eventos de chuva intensa, já que a pavimentação reduz a capacidade de absorção da água pelo solo e aumenta a velocidade de escoamento superficial, o que pode levar a enchentes e alagamentos (Tucci, 2003).

Tendo em vista a importância que se tem dado a essa problemática de degradação de canais fluviais, os protocolos de avaliação de rios se apresentam como uma ferramenta de estudo muito importante para o entendimento do grau de degradação ambiental. Segundo Goulart e Callisto (2003, p. 1):

> Em todo o planeta, praticamente não existe um ecossistema que não tenha sofrido influência direta e/ou indireta do homem, como por exemplo, contaminação dos ambientes aquáticos, desmatamentos, contaminação de lençol freático e introdução de espécies exóticas, resultando na diminuição da diversidade de habitats e perda da biodiversidade.

Nesse sentido, considerando a importância dos rios, pode-se utilizar alguns métodos de avaliação para auxiliar o entendimento das relações entre a urbanização e a degradação de um rio. Para Oliveira e Nunes (2015), diante das alterações ambientais produzidas pela evolução da humanidade, são poucos e escassos os estudos que envolvem a manutenção e a preservação de ecossistemas de rios no Brasil. A avaliação da degradação de rios pode ser realizada por meio de um conjunto de ferramentas e técnicas que incluem a participação de especialistas e das

comunidades locais. É importante que sejam utilizadas abordagens integradas que levem em consideração as características locais do rio, as atividades humanas e o ecossistema do local para uma avaliação mais precisa e efetiva (Callisto *et al*., 2002).

Inserem-se nesse contexto de estudos, os protocolos de avaliação rápida de rios (PAR), ferramenta utilizada na mensuração e no monitoramento da qualidade ambiental dos sistemas fluviais, que consideram os processos hidrogeomorfológicos do canal, através de uma metodologia simples e rápida (Rodrigues; Castro; Malafaia, 2010; Oliveira; Nunes, 2015). Os mesmos têm como intuito ressaltar os problemas ambientais dos sistemas fluviais e melhorar e preservar a sua naturalidade e funcionalidade, além de indicar um caminho para a revitalização e/ou gestão da bacia hidrográfica.

Desta maneira, os objetivos desta pesquisa giram em torno de avaliar o estado atual dos rios urbanos que se inserem nas principais bacias hidrográficas urbanas da cidade de Chapecó, no oeste do estado de Santa Catarina, e de analisar a influência da urbanização nestes canais, para que seja possível observar as possíveis melhorias na gestão hídrica do município. Neste caso, o interesse é decorrente da rápida urbanização nas últimas décadas em Chapecó e como essa se reflete localmente, considerando uma malha de 100 locais de aplicação do Protocolo de Avaliação Rápida de Rios Urbanos (PARU) proposto por Campos e Nucci.

Dessa forma, optou-se por dividir este trabalho em diferentes seções. No primeiro item, tem-se a revisão bibliográfica, cuja ênfase foi abordar métodos, índices e protocolos que buscam avaliar de diferentes maneiras aspectos geomorfológicos e ecológicos dos cursos d’água. Essa análise ocorreu inicialmente conhecendo o método/protocolo/avaliação, e depois então, foram observados trabalhos que apresentavam os resultados dessas aplicações em diferentes cursos d’água. Aqui foi possível então, chegar ao protocolo escolhido para utilização nesta pesquisa.

Após definido o protocolo a ser utilizado, o próximo item trata da área de estudo e suas características gerais. A cidade de Chapecó, localizada no oeste de Santa Catarina, que teve seu crescimento junto à diversos cursos d’água, o que será destacado neste capítulo. Além disso, são necessárias observações sobre os aspectos físicos, como relevo, vegetação, geologia, hidrologia e clima, para melhor conhecimento do ambiente de desenvolvimento da pesquisa, visto que são aspectos que podem alterar as dinâmicas hidrogeomorfológicas de um rio. Ainda neste capítulo,

aborda-se um pouco sobre a história e o crescimento da cidade e as formas de ocupações principais no município.

Apresentado o escopo da área de estudo, traz-se a metodologia utilizada nesta pesquisa, que como já citado anteriormente, foi escolhido após uma análise teórica e que permitiu a seleção do Protocolo de Avaliação Rápida de Rios Urbanos (PARU). Por se tratar de uma adaptação, portanto, foi relatado neste item como os autores chegaram a esse protocolo e as formas de sua aplicação.

Os resultados são apresentados a seguir, partindo de uma análise geral de cada parâmetro analisado no PARU para, posteriormente, uma análise de como se encontra o panorama geral dos rios urbanos da cidade de Chapecó. Para isso, foram selecionadas imagens representativas e anexadas ao trabalho, junto com diversas informações que auxiliaram no entendimento das questões levantadas no protocolo. Por fim, após os resultados, são realizadas as considerações finais enfatizando as possíveis melhorias a serem implementadas na gestão hídrica do município.

2 MÉTODOS, ÍNDICES E PROTOCOLOS PARA AVALIAÇÃO DE RIOS

Este capítulo busca contextualizar os principais protocolos, índices e métodos utilizados para avaliação de rios, sejam naturais ou modificados pela ação antrópica. As alterações realizadas pelo ser humano, podem causar degradação nos sistemas fluviais. Portanto, uma perspectiva importante é identificar quali-quantitativamente esses impactos com a finalidade de compreender o estado atual dos rios. A qualidade da água disponível tem papel fundamental em todos os aspectos da vida e a interpretação desses dados são necessários seja para monitorar e entender o funcionamento do sistema fluvial, seja para auxiliar no planejamento e gestão de recursos hídricos (Carvalho *et al*., 2016).

Desde os primórdios, o ser humano interage com o ecossistema onde vive, realizando alterações conforme as suas necessidades. Após muitos anos de exploração dos recursos hídricos foi possível verificar que a ação humana impacta causando modificações (Rodrigues; Castro; Malafaia, 2010). Aliado a isso, o crescimento urbano após a industrialização do Brasil aconteceu de forma demasiadamente rápida, o que contribuiu muito para o aumento dos problemas socioambientais. O crescimento das cidades de modo desordenado exerceu grande influência nas áreas de drenagem urbanas e nos impactos que estão ligados a sistemas fluviais (Bertoni; Tucci, 2003; Santos, 2008).

Os processos que ocorrem e modificam as condições naturais dos corpos d’água estão ligados, na maioria das vezes, à urbanização, à exploração e aos usos da terra, o que altera as características físico-químicas e ambientais de todo o ecossistema local, sendo assim, são raros os canais fluviais que ainda preservam suas condições ambientais naturais em áreas urbanas ou periurbanas (Oliveira; Nunes, 2015). Diante disso, o uso de parâmetros físicos, químicos e biológicos são abordados comumente para avaliar impactos decorrentes das ocupações humanas sobre ecossistemas de rios.

Buscando o fácil entendimento da interpretação das informações obtidas nestas avaliações, nos últimos anos foram desenvolvidos vários instrumentos visando auxiliar o entendimento dos impactos gerados em canais fluviais e a posterior gestão desses problemas (Carvalho *et al*., 2016). Considerando a importância dos rios para os mais variados fins, ressalta-se a necessidade de conhecer as tendências de

análises sobre a qualidade dos cursos d'água como uma das ferramentas para diagnóstico do estado de conservação dos canais fluviais.

2.1 CLASSIFICAÇÃO DE RIOS NATURAIS

A metodologia de classificação de rios naturais foi criada por Rosgen (1994) através da análise de 450 rios nos Estados Unidos da América e no Canadá. O tipo de rio pode ser classificado por medições de campo determinando os processos existentes no rio, as características geomórficas por meio de descrições morfológicas e as condições de fluxos (Moghaddas; Jalilvand; Soloski, 2013). Por meio destas medições, é possível agrupar os rios em tipos distintos, sendo um sistema projetado para prever o comportamento de um rio a partir de seus aspectos gerais (Hussain; Pandit, 2011). A aparência física de um rio e sua dinâmica hidrogeomorfológica são produtos do ajuste que acontece entre a vazão e os regimes sedimentares e como eles operam para a auto estabilização do canal fluvial (Rosgen, 1994).

Também chamada de Classificação de Rosgen (Fernandez, 2016), é composta por quatro níveis de detalhamento, sendo eles: ampla caracterização morfológica (nível I), descrição morfológica (nível II), levantamento das condições de estabilidade do rio (nível III) e verificação (nível IV), conforme as informações tabuladas no Quadro 1. É importante destacar que é um dos sistemas mais utilizados no mundo, especialmente em projetos de restaurações fluviais.

Quadro 1 – Hierarquia de inventários fluviais

(continua)

Nível do detalhe	**Inventário descrição**	**Informações necessárias**	**Objetivos**
I	Ampla caracterização morfológica	Relevo, litologia, solos, clima, história deposicional, relevo da bacia, morfologia de vales, morfologia do perfil fluvial, padrão geral do rio	Descrever características fluviais generalizadas usando sensoriamento remoto e inventários existentes de geologia, evolução do relevo, morfologia do vale, história deposicional e declives de rios associados, relevo e padrões utilizados para categorias generalizadas dos principais tipos de fluxo e interpretações associadas.

(conclusão)

Nível do detalhe	Inventário descrição	Informações necessárias	Objetivos
II	Descrição morfológica (tipos de riachos)	Padrões de canal, taxa de concentração, taxa de largura/profundidade, sinuosidade, material do canal, declive	Este nível delineia tipos de fluxos homogêneos que descrevem inclinações específicas, materiais de canal, dimensões e padrões de medições de “alcance de referência”. Fornece um nível mais detalhado de interpretação e extrapolação do que o Nível I.
III	Fluxos: “estado” ou condições	Vegetação ribeirinha, padrões de deposição, padrões de meandros, características de confinamento, índices de habitat de peixes, regime de fluxo, categoria de tamanho do rio, ocorrência de detritos, índice de estabilidade do canal, erosão das margens	O “estado” dos fluxos descreve ainda as condições existentes que influenciam a resposta dos canais às mudanças impostas e fornecem informações específicas para metodologias de previsão (como como cálculos de erosão de margem de rio, etc.). Fornece descrições muito detalhadas e previsão/interpretação associada.
IV	Verificação	Envolve medições/observações diretas de transporte de sedimentos, taxas de erosão de margens, processos de degradação/agregação, geometria hidráulica, dados biológicos como biomassa de peixes, insetos aquáticos, avaliações de vegetação ribeirinha, etc.	Fornece informações específicas de alcance sobre os processos do canal. Usado para avaliar metodologias de previsão; fornecer informações sedimentares, hidráulicas e biológicas relacionadas a tipos específicos de riachos; e para avaliar a eficácia das avaliações de mitigação e impacto para atividades por tipo de rio.

Fonte: Rosgen (1994), traduzido e organizado pela autora (2023).

Esse método tem quatro objetivos principais, que passam por descrições qualitativas e quantitativas, assim fornecendo detalhes sobre o estudo: 1) previsão do comportamento futuro dos rios a partir da análise de sua aparência, 2) o desenvolvimento das relações hídricas e sedimentares dependendo do tipo de morfologia do canal, 3) fornecimento de um mecanismo para informações ou dados coletados da natureza sobre os tipos de características dos rios e 4) formulação de uma estrutura lógica usando recursos do sistema para usos especializados (Rosgen, 1994; Moghaddas; Jalilvand; Soloski, 2013).

Para Rosgen (1994) o objetivo desta classificação é auxiliar na sistematização de informações qualitativas e quantitativas para posterior análise dos dados, trazendo características de rios naturais, mostrando que são sistemas complexos e que necessitam de estudos para melhor compreensão de seu funcionamento. Além disso,

o estudo de morfologia fluvial fornece bases geomorfológicas para proteger as paisagens e o meio ambiente, que quando apresenta mudanças drásticas em uma das suas variáveis, apresenta o desequilíbrio do ecossistema (Moghaddas; Jalilvand; Soloski, 2013).

Para melhor entendimento da classificação de Rosgen, serão apresentados a seguir alguns trabalhos que utilizam essa metodologia, juntamente com os resultados obtidos:

a) *A investigação da morfologia do rio Sistan usando a classificação de Rosgen*, de Moghaddas, Jalilvand e Soloki (2013)

Neste trabalho a área de estudo é a planície de Sistan, localizada em grande parte na fronteira do Irã com o Afeganistão. O rio Sistan tem baixa declividade, o que o torna propenso à sedimentação e ocorre uma redução no fluxo de água (Moghaddas; Jalilvand; Soloski, 2013).

Com base nisso, Moghaddas, Jalilvand e Soloki (2013) justificaram que a classificação de Rosgen foi utilizada pois o rio teve muitas mudanças de leito em seu trajeto como a construção de estruturas longitudinais, o que causou muitos danos às terras adjacentes, como por exemplo intensas áreas de sedimentação, formação de ilhas arenosas em seu leito, modificando o fluxo de água. Foi realizado um estudo de alterações morfológicas e elaborado um mapa após o levantamento das informações mediante o uso de fotografias aéreas e imagens de satélite. O principal objetivo foi avaliar o grau de sensibilidade do rio à perturbação e o efeito da vegetação na estabilidade do canal, além de determinar a morfologia do canal com base nas características qualitativas e quantitativas da classificação de Rosgen (Moghaddas; Jalilvand; Soloski, 2013).

Entretanto, os autores aplicaram somente os níveis I e II da classificação de Rosgen, uma vez que o intuito era de classificar o rio Sistan em termos hidrogeomorfológicos para prever o comportamento do rio. Devido às suas características dinâmicas, os resultados mostram que a morfologia deste rio está sempre sujeita a alterações que podem ter efeitos negativos sobre a paisagem, por ser uma área onde ocorre a erosão frequente das margens e seus meandros sofrem movimentos que provocam alterações no curso do rio (Moghaddas; Jalilvand; Soloski, 2013).

b) *A classificação fluvial de Rosgen aplicada em córregos da região oeste do estado do Paraná*, *Brasil*, de Fernandez (2016)

O artigo de Fernandez (2016) tem como objetivo a aplicação e discussão dos resultados da classificação de Rosgen em córregos localizados nas bacias hidrográficas do rio Piquiri e Paraná III, situados na região Oeste do estado do Paraná. A ênfase apresentada pelo autor é na aplicação do nível II mediante a representação de uma ferramenta de qualidade para entender como se encontram os cenários hidrogeomorfológicos dos rios.

No estudo foram selecionados 18 pontos/trechos, distribuídos em seis municípios localizados na área de estudo. Os dados foram tabulados em um quadro com a localização, área, grau de entrincheiramento (E), relação largura e profundidade (L/P), índice de sinuosidade (S), declividade da lâmina d'água (D), tipo de material de fundo e a classificação dos trechos estudados. Os resultados classificatórios ocorreram de maneira adequada em 12 trechos, porém em seis destes pontos não foi possível as aplicações pois apresentaram índice de sinuosidade inferior a 1,3, que é o valor do limite de referência nesta classificação (Fernandez, 2016). Neste caso, na classificação de Rosgen a sinuosidade é um dos indicadores importantes para determinar a forma do rio e se não avaliado fica pendente um dos indicadores.

Além disso, Fernandez (2016) atestou que a urbanização acelerada nas bacias hidrográficas causou modificações no regime hidrológico e na produção de sedimentos, ocorrendo assim, alterações morfológicas no canal. Por fim, o autor considera que mesmo que a classificação de Rosgen constitua uma excelente ferramenta para explicar de maneira organizada as condições morfológicas e sedimentológicas de uma determinada região, apresenta limitações, da classificação, explicitando quando sua aplicação se torna inadequada.

2.2 ÍNDICE HIDROGEOMORFOLÓGICO (IHG)

Os sistemas fluviais são caracterizados por um funcionamento muito complexo, que envolve diversas variáveis que interagem em diferentes escalas espaciais e temporais. Dentre elas se destacam as variáveis líquidas e sólidas, que estabelecem uma interconexão e que exercem o equilíbrio do sistema. É através desse contexto,

que a geomorfologia apresenta um papel fundamental nos estudos de bacias hidrográficas oferecendo técnicas de análise suficientes para avaliar a qualidade dos rios (Barboza *et al*., 2017).

As técnicas de análise incluem instrumentos de avaliação que investigam a estrutura e o funcionamento dos sistemas fluviais e aqui se insere o Índice Hidrogeomorfológico (IHG). O IHG parte da afirmação de que o conhecimento das condições hidrogeomorfológicas e a conectividade/relação entre os elementos do sistema são essenciais para que exista a conservação, preservação e que a revitalização possa ser realizada (Souza; Pompêo, 2016).

O objetivo principal desta aplicação é resolver ou reduzir os problemas ambientais dos sistemas fluviais e melhorar e preservar a sua funcionalidade e suas condições naturais. Para a implantação deste índice, é necessário que seja feito uma divisão do curso d'água a ser estudado, através de trechos ou setores, de modo que possa ser avaliado cada um deles (Martí Talavera; Nova Sánchez, 2019).

A aplicação do IHG busca levantar informações gerais do local, de forma que se obtenha um resultado diagnóstico dos parâmetros hidrogeomorfológicos que podem definir algumas características dos canais fluviais. A avaliação é formulada com base em três parâmetros: qualidade das margens, qualidade funcional do sistema fluvial e qualidade do canal. Para cada parâmetro são estipulados valores que determinam um resultado para este índice e que permitem entender e analisar os impactos gerados pela ação e ocupação humana e também, a vitalidade dos cursos d'água diante destas (Ollero Ojeda *et al*., 2007).

A avaliação destes três parâmetros que compõem a qualidade hidrogeomorfológica é formada por uma pontuação de 0 a 10. Atribui-se 10 quando a situação for totalmente natural, mas se observadas pressões ou impactos, são subtraídos valores das pontuações. Cada um destes grupos de parâmetros é constituído por mais três itens avaliativos e com a mesma pontuação, sendo assim, a pontuação máxima atingida será de 90 pontos. Diante disto, são definidos cinco intervalos de classes (Martí Talavera; Nova Sánchez, 2019):

- De 75 a 90 pontos: qualidade hidrogeomorfológica muito boa;
- De 60 a 74 pontos: boa qualidade hidrogeomorfológica;
- De 42 a 59 pontos: qualidade hidrogeomorfológica moderada;
- De 21 a 41 pontos: baixa qualidade hidrogeomorfológica;
- De 0 a 20 pontos: qualidade hidrogeomorfológica muito pobre.

A dinâmica fluvial é a chave para compreender o valor ecológico de um sistema fluvial. Qualquer redução ou eliminação desta dinâmica natural, gera efeitos como perda de biodiversidade e qualidade ecológica (Ollero Ojeda *et al*., 2007). O estudo deste índice traz informações que são relevantes para a conservação e preservação de recursos naturais, principalmente os hídricos, no ecossistema e para que seja possível avaliar particularidades encontradas ao longo da bacia hidrográfica. A seguir alguns trabalhos que utilizaram esta metodologia de pesquisa:

a) *Avaliação hidrogeomorfológica de um curso d'água urbano e as perspectivas de restabelecimento dos padrões de qualidade: estudo de caso do rio Córrego Grande*, *Florianópolis*, *Brasil*, de Souza e Pompêo (2016)

A qualidade hidrogeomorfológica do rio Córrego Grande foi avaliada por Souza e Pompêo (2016). Localizado em Florianópolis, estado de Santa Catarina, a bacia hidrográfica deste córrego é caracterizada por pequenos canais e com predominância de cobertura florestal, sendo apenas uma parte menor ocupada por área urbanizada.

Visando analisar as alterações hidrogeomorfológicas causadas pela intervenção antrópica, o estudo inicia-se com a caracterização morfológica do rio, realizando um campo para levantamento destes dados. Foi estipulada uma divisão do rio em sete trechos relacionados à organização do sistema fluvial, para posterior aplicação do IHG. A partir da aplicação deste método foi possível discutir sobre as formas de restabelecimento de elementos que se apresentaram como impactados, direcionando recomendações de revitalização do canal (Souza; Pompêo, 2016).

Os resultados e as discussões apresentados na pesquisa são explicados no trabalho de forma descritiva, com imagens e tabelas para melhor entendimento. Porém, a avaliação realizada através do IHG revela como resultado, que no rio Córrego Grande a qualidade ambiental é reduzida conforme atinge os locais de menor altitude e que estão ocupados por urbanização. Resumidamente, os trechos iniciais ocupados por áreas florestadas, apresentaram resultados de qualidade hidrogeomorfológica muito boa. Conforme a urbanização vai avançando sobre a bacia, a qualidade funcional do sistema fluvial vai diminuindo a partir do quinto trecho avaliado, então o rio apresenta significativas perdas hidrogeomorfológicas, passando a apresentar apenas boa qualidade. Ao chegar ao último trecho, o curso d'água apresenta estado deficiente de qualidade, ou seja, a pior qualidade

hidrogeomorfológica do Córrego Grande. Esta situação acontece porque as condições físicas do local assimiladas ao aumento populacional demasiado causam uma grande pressão neste trecho (Souza; Pompêo, 2016).

A partir dos resultados apresentados, os autores fazem um levantamento das ideias de reestruturação da qualidade hidrogeomorfológica do canal, analisando as possíveis atuações e estratégias de melhorias nos trechos que apresentaram qualidade hidrogeomorfológica muito boa, qualidade boa e qualidade deficiente. Diante dos resultados que esta metodologia de avaliação é capaz de apontar, uma das mais relevantes aponta os impactos causados sobre os canais fluviais que causam perda da dinâmica natural. Também favorece a tomada de decisões de conservação ou revitalização apoiadas no conhecimento hidrogeomórfico, relacionando com o ecossistema em geral (Souza; Pompêo, 2016).

b) *Hidrogeomorfología en áreas tropicales: aplicación del Índice Hidrogeomorfológico (IHG) en el Río Utcubamba (Perú)*, de Barboza *et al*. (2017)

Com o objetivo de avaliar a qualidade hidrogeomorfológica do rio Utcubamba, localizado na bacia amazônica no Peru, Barboza *et al*. (2017) buscaram entender o funcionamento dos sistemas fluviais de uma área bastante dinâmica com uso do solo predominante agrícola, mas que também integra áreas de proteção e conservação ambiental, que vem sofrendo impactos do extrativismo mineral.

Inicialmente, foi necessário dividir o sistema fluvial em oito trechos. Através das pontuações obtidas é notável que existe um declínio na qualidade hidrogeomorfológica, tanto quando a altitude diminui no decorrer do curso do canal d’água, como também quanto maior a interação humana no uso e ocupação da terra. Nestes setores tem-se qualidade moderada e apenas um com qualidade deficiente. Em síntese a aplicação do IHG nesta bacia hidrográfica mostrou que o rio Utcubamba é afetado por impactos antrópicos significativos que modificam suas condições hidrogeomorfológicas (Barboza *et al*., 2017).

2.3 METODOLOGIA DOS ESTILOS FLUVIAIS – RIVER STYLES FRAMEWORK®

As perspectivas de estudos geomorfológicos fluviais e de reparação ambiental têm aumentado gradativamente no decorrer dos últimos anos. No final do século XX surgiram algumas propostas de análise de rios e restauração fluvial, e foi nesse contexto que Rosgen (1994) propôs sua classificação natural de rios. No entanto, sua abordagem não explicou o comportamento do rio, mas apenas a aparência do canal, deixando de lado o conjunto do ecossistema associado (Menezes; Salgado, 2019). Nesse contexto, segundo Menezes e Salgado (2019, p. 896):

> Posteriormente, Brierley e Fryirs (2000) apresentaram uma versão modificada da abordagem de Rosgen (1994) para a classificação de segmentos fluviais, avançando na investigação acerca da história evolutiva do sistema, bem como as perturbações a que foi submetido ao longo desta data.

Para Menezes e Salgado (2019) o método propõe, de maneira geral, uma classificação de trechos do rio com intuito de entender a forma, o comportamento, a condição e o potencial de restauração fluvial. O caráter e o comportamento são analisados com base na identificação, interpretação e mapeamento dos tipos fluviais, para em seguida, realizar uma análise da condição geomorfológica da bacia hidrográfica e como resultado, a obtenção de dados para avaliar os cenários futuros de variáveis do sistema fluviais.

A estrutura desta metodologia se baseia em alguns processos que incorporam as características e o comportamento do canal e de sua planície de inundação, visando à interpretação da forma, comportamento, condição e potencial de recuperação dos rios (Brierley *et al*., 2019). Desenvolvida por Brierley e Fryirs (2000) e outros colaboradores do Departamento de Geografia Física da Universidade de Macquairie, tiveram como ponto de partida, estudos em bacias hidrográficas no sudeste da Austrália. A finalidade era auxiliar em práticas de reabilitação e gestão fluvial em rios altamente antropizados (Brierley *et al*., 2002). É considerada uma ferramenta que permite avaliar de forma integrada o ecossistema e as implementações de práticas de gestão nas bacias hidrográficas (Chagas *et al*., 2018). Além disso, busca promover práticas de manejo naturais, com formas específicas para o sistema fluvial, podendo ser aplicada em qualquer curso d’água. O River Styles

Framework® é uma estrutura de marca registrada, propriedade da Macquarie University e da Land and Water Australia (LWA).

Representa também um método eficaz nas pesquisas de conservação de água e sustentabilidade ambiental. Para Lima, Boas e Bezerra (2006), essa classificação de rios traz um conjunto de características geomorfológicas e hidrodinâmicas, criando uma ótima ferramenta de análise e classificação. São esses, elementos considerados o início para a caracterização sistemática e comportamental dos rios. Dessa forma o mesmo rio pode apresentar diferentes estilos fluviais e interagir com a paisagem ao seu entorno. O sistema de funcionamento dos estilos de rios é formulado por quatro fases:

> a) é feito um levantamento das características ambientais da área, do comportamento fluvial e identificação dos estilos fluviais existentes nos cursos de água com a utilização de produtos de sensoriamento remoto e trabalhos de campo; b) busca-se determinar a capacidade de ajuste de cada estilo e interpretar a evolução fluvial; c) tenta-se prever uma possível trajetória de mudança em cada trecho e avaliar o potencial de recuperação do rio; e d) as informações geradas ao longo da metodologia são aplicadas visando uma otimização no manejo e gestão fluvial. (Oliveira; Silva; Rosso, 2014, p. 282).

Para Brierley *et al*. (2002), a identificação de um estilo fluvial e a sua classificação não é algo somente visual, mas um resumo da compreensão de como esse rio se comporta. Para entender isso, eles explicam ainda que a estrutura da metodologia River Styles Framework® pode ser: a) aberta e genérica, ou seja, não é um esquema rígido, podendo ser introduzidas novas variáveis na avaliação; b) baseado em processos, compreendendo o caráter e comportamento do canal e sua planície de inundação; c) baseada em captação, analisando os processos biofísicos; d) estruturada hierarquicamente, processos que ocorrem em escala menor podem ser explicados pelas escalas maiores; e) situada no contexto de evolução do rio, entendendo a capacidade do rio se ajustar fornece a base para entender as suas mudanças; e f) diretamente ligada à avaliação da trajetória da condição futura do rio (potencial de recuperação), base para prever ajustes futuros e determinar uma visão de reabilitação.

Alguns trabalhos realizados através desta metodologia são resumidos a seguir:

a) *Definição dos estilos fluviais na sub-bacia do rio São Pedro (RJ): uma abordagem geomorfológica ao planejamento dos recursos hídricos*, de Lima, Brandão e Marçal (2008)

A pesquisa desenvolvida por Lima, Brandão e Marçal (2008) buscou identificar os processos e as características dos principais canais da sub-bacia do rio São Pedro, no intuito de entender o comportamento dos diferentes rios desta bacia. Localizado na região norte do estado do Rio de Janeiro, o rio São Pedro é um dos principais afluentes do rio Macaé, área que vem sendo desmatada há muitos anos, o que vem consequentemente causando efeitos adversos à morfologia dos rios.

A metodologia dos Estilos Fluviais foi aplicada pelos autores considerando os seguintes parâmetros: unidade de relevo, características do vale, característica do canal e comportamento do rio. Para isso, dividiu-se o rio em três trechos com base nas características do vale – confinado, parcialmente confinado e não confinado. Após essa definição foi realizada através de mapeamento, a definição das características do canal através do estudo da forma em planta considerando o número de canais, sinuosidade, estabilidade lateral e unidades geomorfológicas (Lima; Brandão; Marçal, 2008).

Todas essas informações foram obtidas através de imagens de satélite, mapas topográficos e cálculos que permitiram a elaboração de mapas e quadros para melhor entendimento do trabalho. Com base nestes dados, os autores identificaram cinco estilos fluviais no rio São Pedro. Cada um dos estilos fluviais é caracterizado por um conjunto de atributos disponibilizados através de um quadro explicativo, que também trata do comportamento do rio para se determinar o potencial de recuperação do canal (Lima; Brandão; Marçal, 2008).

O estudo mostrou que o rio São Pedro apresenta alguns problemas de assoreamento, associados à erosão das vertentes por perda vegetacional. Entretanto, existe uma variação significativa ao longo de seu curso. Os pontos mais preservados localizam-se próximos às nascentes e já em seu médio curso apesar de ter um aumento na sedimentação, os trechos apresentam alto potencial de recuperação devido ao caráter de confinamento, permitindo que o canal tenha energia para transportar esses sedimentos. Nas partes mais baixas da bacia, encontram-se os pontos com baixo potencial de recuperação, pois tratam-se de locais muito sensíveis a mudanças e onde se acumulam os problemas que ocorrem nas partes mais altas da

bacia. De modo geral, qualquer estratégia de recuperação ou reabilitação do canal deve ser analisada conforme cada estilo fluvial (Lima; Brandão; Marçal, 2008).

b) *Classificação de estilos fluviais na bacia do rio Bananeiras (alto vale do Rio São João*, *Silva Jardim – RJ): base para análise da condição geomorfológica*, de Menezes e Salgado (2019)

Menezes e Salgado (2019) têm como foco de análise a bacia do rio Bananeira, localizado no alto vale do rio São João no município de Silva Jardim no estado do Rio de Janeiro. Neste local, aplicaram a metodologia de classificação de estilos fluviais para se obter uma análise da condição geomorfológica da bacia hidrográfica. Dentre os parâmetros adotados estão: o caráter e o comportamento do rio, a interpretação e o mapeamento das tipologias fluviais, seguida da avaliação da condição geomorfológica de cada estilo fluvial.

Inicialmente, o trabalho traz dados de caracterização da área de estudo, e por meio de imagens, as autoras fazem a análise geomorfológica da bacia hidrográfica, identificando as configurações do vale, forma em planta e a presença de unidades geomorfológicas no canal. Incluem-se aqui, ainda, imagens, gráficos e mapas com diversas informações sobre geologia, relevo e clima da área de estudo. Para uma melhor análise, é também apresentado os aspectos de uso e ocupação da terra na bacia hidrográfica, ressaltando que praticamente em toda a bacia é possível observar intervenções antrópicas, principalmente, o desmatamento (Menezes; Salgado, 2019).

Com isso, as autoras chegam a um total de cinco estilos fluviais diferentes no rio Bananeiras, dentre eles predominam os vales confinados e não confinados. Através de informações sob a forma de tabela, imagens e texto explicativo, o trabalho relata quais são os cinco tipos de estilos fluviais, qual o uso e cobertura da terra no trecho, tipo de unidade de relevo, caráter do rio, unidade geomorfológica e o comportamento do rio. De maneira geral, foi possível verificar a diversidade de comportamento do canal fluvial, porém as autoras ressaltam a necessidade de um aprofundamento nas avaliações para melhorar o entendimento das dinâmicas desta área de estudo, para então um posterior planejamento de gestão fluvial (Menezes; Salgado, 2019).

c) *O uso da metodologia dos estilos fluviais como ferramenta para "trabalhar em parceria com a natureza" no processo de gestão de rios no Brasil: exemplos da bacia do rio Macaé*, de Brierley *et al*. (2019)

Brierley *et al*. (2019) consideram que há muitos desafios na gestão dos recursos hídricos no Brasil, havendo a necessidade urgente de se abordar novas perspectivas e metodologias. Historicamente, os investimentos direcionados a essa questão tem sido isolada, muitas vezes, visando apenas a parte mais degradada do canal. Porém, esse tipo de gestão fragmentada, fornece também, resultados fragmentados, comprometendo a capacidade de implementar práticas sustentáveis. Com base nisso, pesquisadores passaram a mudar e criar abordagens de ecossistemas para a gestão dos rios, trabalhando a natureza como um todo para melhorar a saúde dos canais (Brierley *et al*., 2019).

A estrutura de estilos fluviais é uma metodologia que visa entender o ecossistema como um todo, e neste trabalho, é aplicado na bacia hidrográfica de Macaé no estado do Rio de Janeiro. A bacia hidrográfica do rio Macaé integra desde a áreas de nascentes sob relevo serrano (onde são relativamente intactas e/ou estão em zonas de conservação), até terrenos mais planos (onde as partes mais baixas da bacia hidrográfica sofrem com os impactos típicos da pós-colonização brasileira) (Brierley *et al*., 2019).

No artigo os autores apresentam uma visão geral dos princípios básicos do "River Styles Framework", que são: 1) usar um modelo de paisagem como uma plataforma integrativa; 2) respeitar a diversidade inerente das formas e processos fluviais; 3) trabalhar com a variabilidade, o ajuste e a mudança; 4) conhecer a bacia hidrográfica, entendendo os padrões dos tipos de rios e as relações entre afluentes e córregos; 5) comparar igual com igual na avaliação geomórfica do rio; 6) prever estados futuros do rio para definir metas móveis para a gestão com base na avaliação do potencial de recuperação geomórfica; 7) aplicar um *ethos* de melhoria da conservação e recuperação no desenvolvimento de planejamentos, que sejam realistas, que tenham uma base de ocorrências claras para priorização de ações; 8) monitorar e aprender de forma eficaz usando princípios de gestão adaptativa. A partir destes princípios, o estudo traz as informações sobre os resultados na bacia hidrográfica, onde os autores descrevem e apresentam imagens e mapas para entendimento de cada item detalhado (Brierley *et al*., 2019).

Como resultado e discussão final os autores apresentam que os dados analisados mostraram que a diversidade geomórfica na bacia hidrográfica, padrões e trajetória evolutiva são necessárias para apoiar a prática de gestão sustentável. Além disso, esta pesquisa mostrou que existe um potencial significativo para ações na bacia do rio Macaé, algumas governamentais e outras comunitárias, como campanhas de recolhimento de lixos (Brierley *et al*., 2019).

2.4 BIOMONITORAMENTO

O biomonitoramento é um método de avaliação da qualidade ambiental que utiliza organismos vivos para obter as respostas às mudanças que ocorrem no ambiente. Para isso, são utilizados parâmetros biológicos com intuito de verificar a qualidade da água baseada nas reações destes agentes biológicos em relação ao ambiente que se localizam (Buss; Baptista; Nessimian, 2003). Esse tipo de monitoramento pode ser realizado, principalmente, pela aplicação de alguns protocolos, que tenham como base a utilização de avaliações de modificação nas espécies e diversidade do ambiente. Os principais organismos que são comumente utilizados para tal, em ecossistemas aquáticos, são os macroinvertebrados bentônicos, peixes e comunidades perifíticas (Goulart; Callisto, 2003).

No mundo todo, não existe ambiente que não tenha sido influenciado por ações humanas, seja direta ou indiretamente. Como consequência de tudo isso, observou-se uma grande diminuição na qualidade de água e sua biodiversidade em sistemas aquáticos, em função da desestruturação e contaminação de canais fluviais (Goulart; Callisto, 2003). Segundo Buss, Baptista e Nessimian (2003), os rios e seus ecossistemas são bastante heterogêneos, variando de pequenos a grandes canais com diferentes características, assim, deve ser analisada qual a metodologia mais adequada para cada lugar. Ainda, “os indicadores biológicos são 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” (Buss; Baptista; Nessimian, 2003, p. 467). Desta forma, podem ser criados índices específicos para detectar alterações nos rios, considerando a resposta destes bioindicadores.

Buss, Baptista e Nessimian (2003, p. 467) enfatizam que “a ideia de que espécies podem ser usadas para indicar certas condições ambientais tem sido

verificada com bastante frequência ao longo da história". Neste sentido, são vários os pesquisadores que têm levantado argumentos para o uso de ferramentas biológicas em programas de avaliação da qualidade de rios. Para Silveira (2004, p. 34):

> Na prática, o princípio básico do monitoramento biológico ou biomonitoramento é a comparação entre uma área controlada e não impactada – o chamado "ponto-referência" – contra um local onde se quer testar a condição ambiental. [...] O uso de macroinvertebrados bentônicos para o monitoramento de rios atua como uma ferramenta de vigilância, ou seja, é uma metodologia para acompanhar as condições dos ecossistemas aquáticos com o objetivo principal de detectar impactos acidentais ou decorrentes de atividades produtivas.

A utilização dos bioindicadores está amparada na Política Nacional de Recursos Hídricos – Lei n. 9.433, de 8 de janeiro de 1997 (Brasil, 1997) – e também na Resolução n. 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), em que se diz que é necessário considerar que "[...] a saúde e o bem-estar humanos, bem como o equilíbrio ecológico aquático, não devem ser afetados como consequência da deterioração da qualidade das águas" (Brasil, 2005, p. 1). Sendo assim, entende-se a necessidade de avaliação e manutenção dos ecossistemas aquáticos (Silveira, 2004).

A aplicação desta metodologia e seus respectivos resultados são apresentados a seguir considerando três estudos distintos. A ideia de trazer estas pesquisas é demonstrar a aplicabilidade do biomonitoramento como ferramenta de análise dos rios.

a) *Um índice preditivo baseado em filtros ambientais para a bioavaliação de bacias hidrográficas sem áreas de referência no bioma Mata Atlântica*, *Brasil*, de Souza, Baptista e Buss (2019)

Neste estudo, que usa uma abordagem alternativa proposta por Chessman e Royal (2004) para bioavaliação, os autores utilizam dados coletados em sete bacias hidrográficas do estado do Rio de Janeiro, com o objetivo de testar o potencial de filtros ambientais para obter informações do ambiente. O grupo de organismos vivos selecionados para este estudo foi organizado através de um banco de dados da região. A partir da escolha do táxon que tem maior probabilidade de tolerância e potencial colonizador nestas áreas, os autores organizaram os dados destes

conjuntos e definiram os escores/pontuações para essa aplicação (Souza; Baptista; Buss, 2019).

Os resultados obtidos atestam que dos 146 pontos amostrados, 35 eram locais de referência, 20 apresentaram melhores condições alcançáveis, 55 foram considerados intermediários e 36 classificados como prejudicados. Estes resultados foram correlacionados com um conjunto de variáveis ambientais, como o tipo de solo, a vegetação presente e a altitude do ponto. Para os autores, este estudo apresentou ótimos resultados, mas poderia ser melhorado caso fossem implementadas algumas alterações como: usar um nível taxonômico inferior ao nível familiar, usar filtros ambientais mais refinados e incorporar mais informações sobre a autoecologia de táxons de insetos aquáticos (Souza; Baptista; Buss, 2019).

b) *A sediment-specific family-level biomonitoring tool to identify the impacts of fine sediment in temperate rivers and streams* (*Uma ferramenta de biomonitoramento em nível de família específica de sedimentos para identificar os impactos de sedimentos finos em rios e córregos de áreas temperadas,* nossa tradução), de Turley *et al*. (2016)

As modificações na carga sedimentar de um rio podem causar degradação em ecossistemas. Diante disso, o trabalho de Turley *et al*. (2016) empregou o monitoramento por bioindicadores com a finalidade de verificar as mudanças no ambiente de rios e córregos frente ao aporte de sedimentos finos. Esses sedimentos são componentes naturais e importantes ao ecossistema de rios. No entanto, a sua quantidade pode interferir e impactar os ciclos naturais da comunidade biológica, causando a degradação ambiental.

Os autores utilizam uma ferramenta chamada Índice de Proporção de Invertebrados Sensíveis a Sedimentos (*Proportion of Sediment-sensitive Invertebrates* [PSI]), projetado para identificar o grau de sedimentação em canais fluviais e com classificação de sensibilidade dos invertebrados. As características podem resultar em sensibilidade a sedimentos finos com base na alimentação, movimento locomotor e atributos respiratórios. Para a aplicação deste índice, foi coletado dados disponíveis gratuitamente em bancos de dados do Reino Unido, sendo selecionado 835 locais como condições de referências e que abrangem uma gama de ambientes com características climáticas, geológicas e de altitude distintas. O banco de dados

também possui registros abundantes na quantidade de diferentes macroinvertebrados, além dos registros de cobertura dos substratos de cada um destes locais. Esses dados também foram coletados em locais afetados pela agricultura, o que trouxe diferentes dados químicos sobre a qualidade da água (Turley *et al*., 2016).

Os resultados deste estudo através de dados empíricos foram utilizados para o aprimoramento do índice original, no intuito de formular uma ferramenta otimizada para o biomonitoramento dos locais. Além disso, foi possível transformar as relações e obter uma sensibilidade mais detalhada dos macroinvertebrados utilizados na pesquisa, por conta dessas combinações estabelecidas. Outro aspecto importante apresentado neste artigo, é a possibilidade de combinar esse índice com outros protocolos, a fim de aumentar a compreensão através das respostas biológicas obtidas (Turley *et al*., 2016).

c) *Utilização de macroinvertebrados bentônicos no biomonitoramento de atividades antrópicas na bacia de drenagem do Reservatório de Itupararanga*, *Votorantim – SP*, *Brasil*, de Taniwaki e Smith (2011)

O trabalho de Taniwaki e Smith (2011) visou avaliar a diversidade de macroinvertebrados bentônicos em diferentes pontos da bacia de drenagem da Represa de Itupararanga, que é a principal fonte de abastecimento de água da população rural e urbana da região de Sorocaba no Estado de São Paulo. Em muitas situações do percurso, o curso d'água principal desta bacia hidrográfica é o rio Sorocaba, cuja água vem sendo explorada demasiadamente e prejudicada devido a elevada taxa de poluição. A avaliação da qualidade da água nessas situações se faz necessária porque atualmente, a região tem sofrido grande ação antropogênica pela industrialização acelerada, despejos indevidos de efluentes, desmatamento das margens, entre outros fatores que estão desestabilizando esse ecossistema.

Assim como já citado anteriormente, os organismos usados na metodologia de biomonitoramento apresentam adaptações e tolerâncias a determinadas condições ambientais, que variam de espécie para espécie. Os macroinvertebrados bentônicos, utilizados na pesquisa de Taniwaki e Smith (2011) são aqueles que vivem no fundo de ecossistemas aquáticos associados a diversos substratos. Assim, os autores realizaram quatro coletas entre setembro de 2008 e abril de 2009, cada uma com

cinco pontos de amostrais. Após as coletas, foi realizada uma triagem no Laboratório de Ciências Biológicas da Universidade Paulista, campus Sorocaba, e posteriormente, identificados os organismos e utilizadas as chaves taxonômicas para a aplicação do índice biótico.

Aplicado o método nos organismos coletados na bacia e chegando a pontuação tabelada, encontraram como resultado que as águas estão em estado “aceitável, com algumas evidências de contaminação”. Este resultado apresenta uma média, porém, foi observado que em vários pontos de coletas, as amostras eram bastante afetadas, mostrando que o Rio Sorocaba encontra-se em alguns pontos poluído e degradado, necessitando de algum tipo de gestão hídrica de renaturalização/melhorias (Taniwaki; Smith, 2011).

2.5 PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO RÁPIDA DE RIOS

Visto pela hidrogeomorfologia, os rios são considerados como uma parte do ciclo hidrológico. Suas bacias hidrográficas são o espaço onde ocorre erosão, transporte e deposição de sedimentos em equilíbrio hidrodinâmico e atuando na superfície terrestre (Rodrigues; Castro; Malafaia, 2010). Nesse contexto, a necessidade de uma ferramenta eficiente e de baixo custo para realizar o acompanhamento dos recursos hídricos e auxiliar em sua gestão se torna necessária (Rezende; Luca, 2017).

Surgem, então, os protocolos de avaliação rápida (PAR), que são resultados de uma ideia construída inicialmente em 1986, quando a agência ambiental dos Estados Unidos começou um estudo sobre monitoramento de águas superficiais. No relatório final, foram apresentadas algumas recomendações acerca de algumas mudanças necessárias, como a reorganização e adaptação dos programas de monitoramento que já existiam (Silveira, 2004). Estes protocolos “são instrumentos de monitoramento dos sistemas fluviais, que consideram entre os outros, os processos geodinâmicos externos como condicionantes básicos da estrutura e funcionamento dos ambientes fluviais” (Rodrigues; Castro; Malafaia, 2010, p. 3).

Assim, os protocolos de avaliação rápida buscam também reduzir o custo da avaliação ambiental de um lugar, sem privar os estudos de diagnósticos técnico-científicos. Podem ser utilizados em pesquisas que precisam de resultados rápidos, fornecendo conhecimento para o gerenciamento e na criação de metodologias em

benefício da preservação e/ou da conservação ambiental (Silveira, 2004). Além disso, são ferramentas utilizadas para medir a qualidade ambiental nos ecossistemas de uma forma simples e rápida, medindo o grau de impactos no ambiente/trecho de estudo (Oliveira; Nunes, 2015). Segundo Lobo, Voos e Abreu Júnior (2011, p. 20):

> No Brasil, Callisto *et al*. (2002) apresentaram um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats, modificado da proposta de Hannaford *et al*. (1997) e da Agência Nacional de Proteção Ambiental de Ohio (EUA) (EPA, 1987), adaptando-o às condições dos ecossistemas lóticos nos estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro.

Dentre os atributos geomorfológicos avaliados, podemos destacar: a) deposição dos sedimentos, b) características dos substratos ao longo do canal, c) padrões de velocidade/profundidade, d) alterações no canal, e) estabilidade das margens, f) frequência de corredeiras e g) sinuosidade do canal (Rodrigues; Castro; Malafaia, 2010). A princípio, é estabelecido um limite considerado como referência, o que representaria uma condição normal e sem perturbações para que se possa fazer a comparação entre diferentes locais ou trechos do rio (Silveira, 2004).

O protocolo de avaliação rápida de rios de Callisto *et al*. (2002) se assemelha a um questionário que permite obter informações qualitativas e quantitativas do local avaliado. Com a soma dos pesos obtidos através das respostas, chega-se a uma classificação final em: impactado (0 a 40 pontos), alterado (41 a 60 pontos) e natural (61 a 100), o que permite obter um diagnóstico das condições em que se encontram os canais de drenagem (Callisto *et al*., 2002).

Ao todo são 22 parâmetros, cada qual atribuído com determinada pontuação, sendo que os 10 primeiros buscam reconhecer e avaliar as características dos pontos e os impactos ambientais decorrentes de ações humanas. Trazem, portanto, informações sobre a ocupação das margens, a ocorrência de erosão e/ou assoreamento no canal, presença de ação antrópica direta, existência de vegetação nas margens, odor e oleosidade na água e no sedimento, transparência da água e tipo de fundo. Os outros 12 parâmetros, procuram avaliar as condições do habitat e os níveis de conservação, aprofundando o que foi relatado nos primeiros parâmetros (Callisto *et al*., 2002).

Considerando assim, a importância dos rios para diversos fins, ressalta-se a importância da aplicação de métodos de avaliação dos sistemas fluviais, não restritos somente à qualidade da água (Rodrigues; Castro; Malafaia, 2010). A eficácia destes

protocolos pode ser observada de forma resumida com a apresentação de alguns trabalhos a seguir, no intuito de que o leitor entenda melhor a finalidade desta metodologia.

a) *Aplicação de protocolo de avaliação rápida para caracterização da qualidade ambiental do manancial de captação (Rio Pequeno) do município de Linhares*, *ES*, de Oliveira e Nunes (2015)

Oliveira e Nunes (2015) aplicaram o protocolo de avaliação rápida em um manancial de captação, o rio Pequeno, cuja bacia hidrográfica integra o Baixo rio Doce, no município de Linhares/ES. O rio Pequeno, corresponde a um curso d'água de curta extensão, com cerca de 7 km e é considerado o principal canal d'água que abastece a cidade, tendo em seu percurso, variados usos do solo, que vão desde ocupações urbanas até atividades agropecuárias.

Os autores conduziram o estudo em quatro momentos distintos considerando o período seco (duas vezes) e chuvoso (duas vezes). Em cada um desses momentos o protocolo foi aplicado em onze pontos, escolhidos basicamente pelas características eco-geomorfológicas e pela facilidade de acesso ao trecho (Oliveira; Nunes, 2015).

A avaliação e o resultado obtido revelam que dos 11 pontos avaliados durante os períodos estipulados, apenas 2,27% foram considerados naturais, 11,36% classificados como impactados e 86,37% como pontos alterados. Além disso, os resultados revelam que não existe diferença significativa entre as estações do ano, ou seja, não interferiram no resultado obtido através da aplicação do protocolo. O estudo também mostrou que a qualidade ambiental foi diminuindo ao longo do percurso do rio Pequeno, justamente por estes estarem inseridos em áreas urbanas, resultado já esperado, pois o rio Pequeno encontra-se com o rio Doce, onde os mesmos têm sua área inteiramente urbanizada (Oliveira; Nunes, 2015).

É importante salientar ainda que, conforme os autores, a aplicação do PAR mostrou que este manancial passa por fortes impactos antrópicos que prejudicam a qualidade ambiental e da água em geral. Com base nisso, houve a possibilidade de visualizar a necessidade de uma gestão que objetiva diminuir os processos de degradação que acontecem na bacia hidrográfica e a sugestão de estudos e projetos de recuperação e renaturalização dos locais degradados (Oliveira; Nunes, 2015).

b) *Aplicação do Protocolo de Avaliação Rápida de Rios (PAR) na bacia hidrográfica do rio Imbé – RJ*, de Bersot, Menezes e Andrade (2015)

Bersot, Menezes e Andrade (2015) conduziram o estudo na bacia hidrográfica do rio Imbé, localizada no estado do Rio de Janeiro. Teve como objetivo observar o estado de conservação em que se encontram alguns pontos/trechos, resultando assim em uma análise geral da qualidade ambiental do sistema fluvial a partir da aplicação do protocolo de avaliação rápida de rios (PAR). A bacia hidrográfica deste rio é subdividida em quatro sub-bacias, todas fazendo parte do abastecimento de alguma cidade da região. Além disso, é uma bacia hidrográfica que se encontra numa das poucas áreas onde ainda se encontra o bioma da Mata Atlântica em forma de reserva contínua, mas em sua extensão, é composta predominantemente por áreas de pastagens, pecuária e agricultura, o que faz com que a ocupação seja desordenada e responsável por intensas perdas vegetacionais pelo desmatamento.

Empregando o PAR desenvolvido por Callisto *et al*. (2002) os autores selecionaram seis pontos, cuja escolha considerou a acessibilidade aos pontos e a diversidade das paisagens. Estes pontos variam entre usos como áreas de pastagens, vegetação e área urbana. Após a coleta e análise dos dados, os resultados são apresentados sob a forma através de tabelas, fotografias, descrições sobre os usos do solo e comentários sobre cada um dos pontos (Bersot; Menezes; Andrade, 2015).

Dos seis pontos, apenas um trecho apresentou resultado natural, um ponto como impactado e os outros quatro pontos apresentaram características de alterados. Em linhas gerais isso decorre do fato de que o rio Imbé apresenta intensa poluição em seu curso inicial para, depois, apresentar uma melhoria nas características, quando aspectos mais naturais e de preservação são observados. Isso também é fator resultante dos afluentes que interferem no curso natural do rio, da presença ou não de vegetação nas margens e o alargamento do canal, que auxiliam na dissipação de parte dos poluentes. Ao final do artigo, sugerem a continuidade da pesquisa devido a poucos estudos nesta bacia hidrográfica. Também atribuem que este método de avaliação permitiu uma análise integrada no controle dos recursos hídricos da região (Bersot; Menezes; Andrade, 2015).

2.6 PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO RÁPIDA DE RIOS URBANOS (PARU)

O protocolo de avaliação rápida de rios urbanos (PARU) é uma adaptação do protocolo de avaliação rápida de rios (PAR), apresentado anteriormente no item 2.5, com algumas alterações para melhoramento da sua aplicação em paisagens urbanas. Segundo os autores desta adaptação:

> A partir da revisão bibliográfica sobre PARs aplicados no Brasil, foram eleitos dois protocolos-base para o estudo: (i) de Rodrigues e Castro (2008a), que tomaram como referência o trabalho de Barbour *et al*. (1999); e (ii) de Callisto *et al*. (2002), desenvolvido com base em outros dois protocolos propostos pela Agência de Proteção Ambiental de Ohio (EUA) (EPA, 1987) e por Hannaford *et al.* (1997). (Campos; Nucci, 2019, p. 270).

Campos e Nucci em 2019 propõem essa adaptação, realizando a proposição de um novo protocolo de avaliação rápida com ênfase às especificidades de rios urbanos. Para tal, foram utilizados critérios de escolha de parâmetros que atendessem essas especificidades, também sendo criado novos indicativos de condições de rios, tudo em uma linguagem simples e com qualidade para uma boa ferramenta de avaliação (Campos; Nucci, 2021).

Na composição deste protocolo (PARU), os autores discriminam critérios de avaliação com seus parâmetros e uma classificação em boa, regular ou ruim, conforme o quadro 2.

Quadro 2 – Protocolo de Avaliação Rápida para rios urbanos (PARU) - Primeira versão

(contínua)

	CRITÉRIO	**CONDIÇÃO DO RIO E PONTUAÇÃO**		
		Boa (10 pontos)	**Regular (5 pontos)**	**Ruim (0 pontos)**
Margens	Estabilidade das margens (A e B)	Margens estáveis, ausência ou mínima evidência de erosão ou falhas.	Margens moderadamente estáveis, com erosões cicatrizadas.	Margens instáveis e muitas áreas erodidas. Erosão frequente ao longo da seção reta e nas curvas.
	Largura da mata ciliar	Maior que 30 metros.	-	Menor que 30 metros.

(contínua)

	CRITÉRIO	CONDIÇÃO DO RIO E PONTUAÇÃO		
		Boa (10 pontos)	**Regular (5 pontos)**	**Ruim (0 pontos)**
Margens	Tipo de uso e ocupação predominante no entorno (A)	Mata ciliar em estágio médio/avançado de sucessão.	Agricultura com práticas de manejo e conservação dos solos.	Uso residencial, comercial, industrial ou mineração, agricultura sem práticas de conservação dos solos, solo exposto, pastagens.
Leito fluvial	Poluição pontual	Lançamento não perceptível de efluentes líquidos e resíduos sólidos no rio.	-	Pontos de lançamento de efluentes líquidos e de resíduos sólidos no rio.
	Alterações antrópicas na estrutura do rio (A)	Sem alterações no rio como aterros, barragens e estabilização artificial das margens.	Pouca modificação presente no leito e nas margens.	Leito e margens bastante modificadas.
	Deposição de sedimentos (A e B)	Feições deposicionais (ilhas ou barras) ausentes ou alargamento não perceptível.	Deposição moderada de cascalhos novos, areia ou sedimento fino, com pouca alteração nas feições deposicionais.	Elevada deposição de cascalhos novos, areia ou sedimento fino e aumento no desenvolvimento de feições deposicionais.
	Condições de escoamento do leito fluvial (A e B)	A água preenche todo o leito menor e há uma quantidade mínima de substratos expostos.	A água preenche parte do leito menor e a maioria dos substratos nas corridas estão expostos.	Pouquíssima água no leito menor, sendo a maioria de água parada em poços.
Coluna d'água	Odor na água (A)	Não perceptível.	-	Perceptível.
	Óleos, graxas e espuma na água (A)	Não perceptível.	-	Perceptível.
	Cor ou turbidez da água (A)	Não perceptível.	Levemente turva.	Turva, opaca ou colorida.

(conclusão)

Fundo	Substratos e/ou habitat disponíveis (a e B)	Vários tipos e tamanhos de substratos para a epifauna e abrigo para insetos, anfíbios ou peixes, tais como rochas, troncos, margens escavadas ou outros habitats estáveis.	Habitats estáveis mesclados. A velocidade da água não permite a estabilização dos substratos.	Habitats monótonos ou com pouca diversificação. Não há presença de galhos, cascalhos, seixos rolados ou vegetação aquática.
	Soterramento (A)	Fundo pouco ou nada coberto por sedimentos finos.	Cerca de metade do fundo é coberto por sedimentos finos.	Quase todo o fundo é coberto por sedimentos finos.

Fonte: Campos e Nucci (2019) adaptado de (A) Callisto et al. (2002) e (B) Rodrigues e Castro (2008).

Esta foi a versão adaptada pelos autores em 2019, quando o protocolo inicial foi formulado e contém discriminado em doze parâmetros os indicativos das condições gerais do rio e sua respectiva classificação. Além disso, a fim de ter uma avaliação facilitada, os critérios foram separados em seções: margens, leito fluvial, coluna d'água e fundo (Campos; Nucci, 2019). Assim como os PARs utilizados como base, cada uma das condições estabelecidas recebe uma pontuação que determina a sua qualidade: dez pontos para condição boa, cinco pontos para regular e nenhum ponto para ruim. A soma desses pontos resulta em uma escala de 0 a 120 pontos (Campos; Nucci, 2019).

A primeira etapa deste estudo de 2019 foi a formulação deste protocolo para aplicação no Rio Palmital, localizado na região metropolitana de Curitiba no estado do Paraná. A escolha para esta aplicação foi decorrente da bacia hidrográfica estar em área densamente povoada, que influencia no volume e também na qualidade da água e por ser uma área com frequentes inundações. A segunda etapa foi a aplicação do protocolo adaptado em nove trechos ao longo do rio Palmital com base no acesso aos locais e também por apresentar diferentes paisagens (Campos; Nucci, 2019).

Realizada a aplicação, a partir dos resultados obtidos, a autora percebeu que alguns parâmetros precisavam de alterações e que, também, seria necessário a inclusão de outros aspectos de avaliação para melhor eficácia do PARU (Campos, 2020). A seguir, conforme trabalho de Campos (2020), estão destacados de forma geral, as questões levantadas para melhora na descrição dos parâmetros já com a

ideia de mudanças, possibilitando uma avaliação mais coerente com a paisagem urbana (Quadro 3).

Quadro 3 – Síntese dos problemas e soluções do PAR

(continua)

Critério/Parâmetro	Problema	Solução para alterações no PAR
Estabilidade das margens	Difícil dimensionar as áreas erodidas	Analisar separadamente a margem direita e esquerda.
Largura da mata ciliar	Ausência de uma condição intermediária de avaliação. Não considera assimetria entre as margens e na mesma margem. Não considera o aumento gradativo da largura da mata ciliar conforme a largura do rio.	Mudar o critério para “presença e estado de conservação da mata ciliar” e incluir o estágio de sucessão da vegetação nos parâmetros. Incluir uma condição intermediária de avaliação. Analisar separadamente a margem direita e esquerda.
Tipo de uso e ocupação predominante no entorno	Dificuldade de delimitar o que é o entorno. Não considera assimetria entre as margens e na mesma margem. Os parâmetros não condizem com a paisagem observada.	Adaptar para paisagens urbanas. Necessidade de avaliar as margens individualmente (margem direita e esquerda).
Poluição pontual	Ausência de uma condição intermediária de avaliação. A presença de resíduos sólidos nas margens e mata ciliar não está contemplada nos parâmetros. Avaliação conjunta de resíduos sólidos dos efluentes líquidos causa distorção na avaliação.	Separar este critério em dois: um para resíduos sólidos e um para esgoto doméstico e industrial. Incluir condição intermediária. Incluir na análise de esgoto a presença de odor, cor, óleo e espuma na água.
Alterações antrópicas na estrutura do rio	Falta de referencial.	Apresentar maior detalhamento das alterações antrópicas.
Deposição de sedimentos	Condições de deposição de sedimentos diferentes à montante e à jusante do ponto de observação.	Analisar baixo e alto curso do rio. Melhorar a descrição e detalhamento dos parâmetros.
Condições de escoamento do leito fluvial	Dificuldade de distinguir o leito menor. Condições de escoamento diferentes à montante e à jusante do ponto de observação.	Esse critério é visual, portanto apresenta dificuldades na avaliação, podendo apresentar erros. Retirar esse parâmetro.
Odor na água	Falta de uma condição intermediária de avaliação. Falta de detalhamento dos parâmetros.	Odor é um critério subjetivo, mas é um bom indicador da presença de esgoto. Incluir na avaliação de presença de esgoto doméstico e efluente industrial.

(conclusão)

Óleos, graxas e espumas na água	A presença de óleos, graxas e espuma nas margens não está contemplada no critério.	Melhorar a descrição dos parâmetros. Incluir um parâmetro intermediário na avaliação. Também analisar a inclusão na avaliação de presença de esgoto doméstico e efluente industrial.
Cor ou turbidez da água	Falta de referencial.	Analisar juntamente com o parâmetro de poluição.
Substratos e/ou habitat disponíveis	Condições diferentes à montante e à jusante do ponto de observação.	Reformular parâmetros utilizando uma descrição mais detalhada de cada tipo de substrato existente no canal.
Soterramento	Condições diferentes à montante e à jusante do ponto de observação.	Utilizar maior detalhamento dos parâmetros de sedimentos no fundo do rio.
Outros	Presença de aves no rio.	Animais são importantes bioindicadores de condições ecológicas no rio, por isso, criar um critério que avalie a presença de aves no rio.
Outros	Presença de plantas aquáticas nos locais de maior evidência de poluição por esgoto doméstico.	Nem sempre a presença de plantas está associada a boas condições do rio. Algumas vezes a presença de esgoto doméstico aumenta a quantidade de matéria orgânica, portanto este critério é retirado do protocolo.

Fonte: Campos (2020), adaptado pela autora (2023).

Com base no levantamento obtido, a autora faz essa triangulação de informações descritas no Quadro 3, destacando as possibilidades de mudanças em parâmetros, relacionando os trabalhos de Callisto *et al*. (2002) e o de Rodrigues, Castro e Malafaia (2008) com os de Lobo, Voos e Abreu Júnior (2011) e o de Guimarães, Rodrigues e Malafaia (2012) que apresentam critérios diferentes, resultando em algumas melhorias para a aplicação em paisagens urbanas.

Campos (2020) relata que após a sistematização das informações obtidas através da aplicação do PAR e de literaturas complementares, foi realizado o melhoramento dos critérios e parâmetros. Uma das modificações se refere ao nome utilizado que passa a ser Protocolo de Avaliação Rápida de Rios Urbanos (PARU). Além disso, levou-se em consideração principalmente, a condição de referência ideal, definida aqui pelo critério de “região que apresenta poucas características alteradas”,

para então, determinar a melhor e a pior condição possível, e então estipular valoração na avaliação. As alterações foram pautadas e o protocolo final é formado por dez critérios, apresentados em conjunto com seus respectivos parâmetros, que após modificações, são apresentados no Quadro 4, a seguir.

Quadro 4 – Protocolo de Avaliação Rápida de Rios Urbanos (PARU) - Versão Final

(continua)

CRITÉRIO	CONDIÇÃO DO RIO (PARÂMETROS)											
	Ótima		Boa			Regular			Ruim			
Estabilidade das margens	Margem estável, sem evidência de erosão.		Margem moderadamente estável, com pequena evidência de erosão somente nas curvas ou com erosão em menos de 1/4 do trecho observado.			Margem moderadamente estável, com deslizamentos nas curvas ou erosão em menos da metade do trecho observado.			Margem instável, com evidência de erosão em mais da metade de sua extensão. Margens canalizadas ou retificadas sem vegetação restabelecida.		
MD	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
ME	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Presença e estado de conservação da mata ciliar	A vegetação ocupa quase toda a margem e é composta predominantemente por espécies arbustivas e arbóreas, sem sinais de degradação causados por atividades humanas.		A vegetação ocupa mais de 3/4 da margem e as espécies arbóreas e arbustivas são predominante sem relação às herbáceas.			A vegetação ocupa mais da metade da margem e a vegetação herbácea é abundante.			A vegetação é praticamente inexistente. O solo está exposto à intempéries naturais ou está impermeabilizado ou ocupado por edificações.		
MD	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
ME	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Ocupação das margens do rio	A mata ciliar compreende toda (ou quase toda) a margem do rio e é composta principalmente por espécies arbóreas e arbustivas.		Mais da metade da margem é composta por mataciliar, independentemente do tipo de vegetação.			Mais da metade da margem tem solo exposto ou é ocupada por estruturas urbanas, como residências, comércios, indústrias, sistema viário, etc.			A margem é ocupada prioritariamente por estruturas urbanas, como residências, comércios, indústrias, sistema viário, etc.		
MD	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
ME	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Resíduos sólidos (lixo)	Não se observam resíduos sólidos no fundo nem nas margens do rio.		Existem resíduos sólidos em pouca quantidade nas margens, que aparentemente ainda não alcançaram o canal fluvial. São em geral recentes e estão próximos às pontes e ruas.			Existem resíduos sólidos em pequena quantidade no fundo do rio ou nas margens. Podem estar concentrados em pequenas porções ou dispersos.			Existe uma grande quantidade resíduos sólidos no fundo e/ou nas margens do rio.		
	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Esgoto doméstico e efluente industrial	Não se observam canalizações, nem odor ou presença de espuma, mancha escura ou óleo na água ou sedimento.		Existem uma das seguintes evidências: 1) canalizações nas margens; 2) espuma na água ou sedimento; 3) odor característico de esgoto doméstico ou outro odor forte na água.			Existem duas das seguintes evidências: 1) canalizações nas margens; 2) espuma na água ou sedimento; 3) odor característico de esgoto doméstico ou odor forte não identificado; 4) mancha escura ou óleo na água ou sedimento.			Existem três ou mais das seguintes evidências: 1) canalizações nas margens; 2) espuma na água ou sedimento; 3) odor característico de esgoto doméstico ou odor forte não identificado; 4) mancha escura ou óleo na água ou sedimento.		
	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Alterações antrópicas no canal fluvial	Ausência de alterações antrópicas no canal fluvial, como dragagens, pontes, diques e estabilização artificial das margens.		Pouca modificação presente, em geral em área de apoio de pequenas pontes ou evidência de canalizações antigas, mas com ausência de canalizações recentes.			Presença de pontes com grande estrutura de sustentação, estruturas que dificultem o fluxo de água no rio (diques, tubos, etc.) ou de escoramento nas margens e evidências de dragagem.			O rio encontra-se retificado e canalizado, com as margens totalmente (ou quase totalmente) cimentadas.		
	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Deposição de sedimentos	Ausência de bancos de areia (feições deposicionais que podem aparecer na forma de ilhas ou de barras que se desenvolvem ao longo das margens). As águas correm normalmente.		Há pequenos bancos de areia recentes ou pequenos alargamentos existentes que não afetam as condições de escoamento da água.			Os bancos de areia são extensos e podem interferir no escoamento da água no rio. A deposição de novos sedimentos mostra que os bancos estão se desenvolvendo.			Há muito sedimento depositado no rio, indicando alto nível de assoreamento. Os bancos de areia se estendem ao longo das margens e do rio e atrapalham o escoamento da água.		
	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0

(conclusão)

Substratos e/ou habitat disponíveis	Existem vários tipos e tamanhos de substratos e habitats estáveis para a biota aquática, tais como galhos e troncos, cascalhos, folhas e plantas aquáticas.		Existem muitos galhos e troncos, cascalhos, folhas e plantas aquáticas, mas estão totalmente disponíveis.			Existem poucos galhos e troncos, cascalhos, folhas e plantas aquáticas, e não estão totalmente disponíveis.			Ausência de substratos e habitats estáveis disponíveis. Não existem galhos ou troncos, cascalhos, folhas e plantas aquáticas, ou estão soterrados.		
	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Soterramento	Não se observa acúmulo de lama ou areia no fundo do rio.		Pouca quantidade de lama e areia cobrem o fundo do rio, sendo possível ver bastante substratos e habitats disponíveis.			Boa parte do fundo do rio está coberto por lama ou areia, mas ainda é possível ver substratos e habitats disponíveis.			O fundo do rio apresenta muita lama ou areia, cobrindo os substratos e habitats disponíveis.		
	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Animais	Observam-se com facilidade peixes, insetos aquáticos, anfíbios (sapos, rãs ou pererecas).		Observam-se poucos peixes, insetos aquáticos, anfíbios (sapos, rãs ou pererecas) ou mamíferos silvestres (como a capivara) no rio ou nas margens.			Observam-se apenas aves no rio ou nas margens.			Não é visível nenhum animal aquático ou silvestre no rio ou margens.		
	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0

Fonte: Campos (2020) Organização: elaborado pela autora (2023).
Legenda: MD: margem direita; ME: margem esquerda.

Com a mudança nos parâmetros que norteavam o PAR, foi necessário também uma alteração na pontuação obtida na classificação dos trechos de observação. A pontuação a ser obtida pode variar de 0 a 100 e a sua classificação segue conforme a Tabela 1 (Campos, 2020).

Tabela 1 – Condição geral do rio conforme pontuação total do PARU

Condição geral do rio	**Pontuação**
Ótima (recuperado)	81 – 100
Boa (alterado)	51 – 80
Regular (impactado)	21 – 50
Ruim (muito impactado)	0 – 20

Fonte: Campos (2020).

Para Campos (2020, p. 91), os resultados apresentados na tabela se estabelecem como:

> A condição ótima indica um rio recuperado, enquanto a boa aponta um rio alterado, mas com alguns serviços ecossistêmicos preservados. Na condição regular o rio apresenta impactos relevantes, com perda significativa dos serviços ecossistêmicos, os quais são inexpressivos na condição ruim, em virtude do elevado impacto sobre os sistemas fluviais.

Com base neste novo protocolo formulado, o PARU, Campos e Nucci (2021) realizaram a aplicação novamente no rio Palmital, em Curitiba/PR, a fim de discutir o potencial desta nova ferramenta de monitoramento ambiental. Junto com a aplicação e os resultados, os autores trazem uma análise pontual das observações em campo,

relatando sobre os critérios e parâmetros em cada trecho analisado. Além disso, utilizam fotografias dos locais e fazem a exposição destas em mapeamentos na bacia hidrográfica, para que o leitor tenha uma melhor visualização e análise do que o aplicador visualizou para averiguar os resultados.

A partir da utilização deste protocolo, Campos e Nucci (2021, p. 136) dizem que:

> [...] o PARU demonstrou ser uma ferramenta de monitoramento simples e de fácil utilização, podendo, com isso, ser aplicado sem grandes dificuldades por órgãos públicos bem como favorecer a participação popular nas tomadas de decisão, beneficiando a gestão dos recursos hídricos e o planejamento ambiental como um todo.

O PARU apresenta algumas limitações de análise, por ser um método visual, mas em contrapartida, é uma das vantagens por não necessitar de utilização de equipamentos sofisticados, nem de conhecimento técnico, sendo acessível economicamente e cognitivamente, podendo ser usado como instrumento de monitoramento ambiental (Campos; Nucci, 2021).

3 ÁREA DE ESTUDO

O município de Chapecó está localizado na região sul do Brasil, no oeste de Santa Catarina. Centro econômico, político e cultural da região, sendo marcadamente, a maior cidade do interior do estado, Chapecó conta com mais de 227 mil habitantes, conforme o último censo (IBGE, 2023). O município teve um crescimento populacional significativo nas últimas décadas, que se deve principalmente ao desenvolvimento econômico da região, impulsionado pela agricultura, pecuária e indústria (Nascimento, 2015).

A história de ocupação do município data da colonização da atual sede urbana, que no princípio, era chamada Vila Passo dos Índios (Zeni, 2007). A região onde hoje se situa Chapecó era originalmente habitada pelos índios Kaingang e Xokleng. No final do século XIX, imigrantes europeus começaram a chegar à região em busca de terras férteis para a agricultura. Em 1917, chegou o primeiro lote de colonos italianos e, em seguida, vieram colonos de origem alemã, polonesa e ucraniana, entre outras (Poli, 1995).

O aumento populacional trouxe oportunidades para o desenvolvimento econômico e social da região, mas também diversos desafios para a cidade, como o aumento da demanda por serviços públicos e infraestrutura. Um aspecto que ficou evidente com o crescimento da cidade são as desigualdades socioespaciais (Nascimento, 2015). Essas desigualdades são influenciadas por diversos fatores e apresentam diversas consequências sociais, como também, ao meio ambiente. Para Nascimento (2015, p. 137):

> Chapecó apresenta um espaço urbano dinâmico, que, em suma, reflete a importância econômica da cidade e sua condição de pólo regional. Entretanto, em razão da pujança do mercado imobiliário e da contínua valorização da terra urbana e do espaço construído, do elevado crescimento da população e da demanda habitacional (especialmente de segmentos de baixo poder aquisitivo) [...] ao longo do tempo a evolução urbana de Chapecó processou-se estruturando um espaço urbano com marcantes assimetrias em relação ao seu conteúdo social.

Neste contexto, verifica-se uma consolidação de um padrão de urbanização conhecido como periferização, modelo que tende a apresentar uma distribuição desigual de recursos e serviços urbanos. Os bairros mais afastados da área central da cidade geralmente possuem um perfil socioeconômico mais baixo e uma

infraestrutura menos desenvolvida. Essa tendência contribui para o agravamento das desigualdades socioeconômicas, uma vez que as pessoas que vivem em áreas periféricas têm menos acesso a serviços e oportunidades, o que pode gerar problemas de exclusão social e dificuldades na obtenção de trabalho e renda (Nascimento, 2015).

Além disso, Chapecó se expandiu sobre diversos córregos e rios que tiveram suas bacias hidrográficas alteradas pelas mudanças no uso da terra, além de intervenções diretas sobre os próprios cursos d'água (retificação e a canalização) (Binda; Fritzen, 2013). Referente a esse contexto de ocupação e expansão da cidade, Baldissera (2013, p. 20) afirma que o município:

> [...] situa-se em sítio geográfico marcado pela abundância de recursos hídricos: localiza-se sobre a área de abrangência do aquífero Guarani, o maior manancial de água doce subterrânea do mundo, na margem direita do rio Uruguai, entre seus afluentes, os rios Chapecó e Irani. A área urbana do município se distribui por sobre duas microbacias, a bacia do lajeado Passo dos Índios e a bacia do lajeado São José, que apresentam diferentes graus de comprometimento de suas águas.

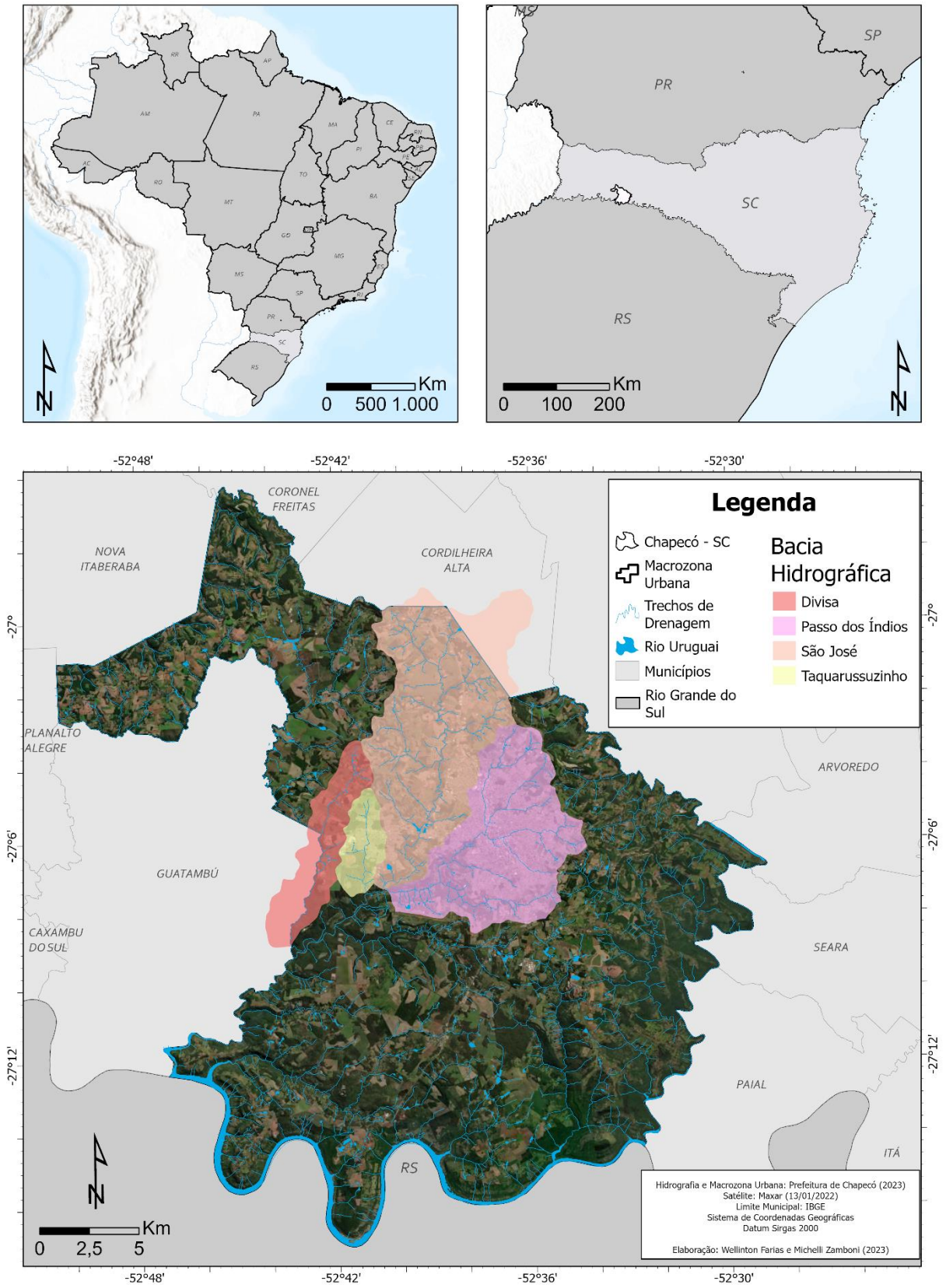
A ocupação e urbanização de áreas próximas a rios e mananciais é uma prática comum em muitas cidades, mas isso pode ter graves consequências para a população. Segundo Cunha e Guerra (2011), a ocupação humana desordenada, combinada com as condições naturais de risco, pode resultar em desastres que causam perdas humanas e prejuízos materiais. A ocupação ilegal das margens de cursos de água é regulamentada pela Lei Federal n. 14.285, de 29 de dezembro de 2021, que substitui antigas legislações sobre vegetação nativa, regularização fundiária em terras da União e também, sobre o parcelamento do solo urbano. Legislação essa, que aborda especificamente ações relacionadas a loteamentos e desmembramentos irregulares próximos às margens de canais d’água, que podem resultar em penalidades por crime contra a administração pública.

A habitação irregular nas áreas próximas a canais fluviais não é apenas uma questão de riscos ambientais e sociais, mas também pode afetar a regularização civil das famílias que vivem nesses locais. “Essa dinâmica demográfica, resultado do processo de urbanização, acabou por transformar o espaço urbano de Chapecó/SC drasticamente, inclusive sob o aspecto hidrológico” (Segnor; Spinelli, 2020, p. 2). Nesse contexto, percebe-se que o crescimento da urbanização nas áreas de bacias hidrográficas urbanas, vem implicando em danos ambientais frequentes.

No caso específico de Chapecó, a expansão urbana e o adensamento populacional ocorreram sem a infraestrutura necessária, o que gerou diversos problemas socioambientais (Facco; Fujita; Berto, 2014). Áreas inundáveis foram ocupadas, trechos de rios foram literalmente soterrados por terraplanagens, outros foram completamente esquecidos sob ruas e prédios, ou presos em leitos de concreto e aço (Binda, 2015). O lançamento irregular de esgoto doméstico e o despejo de lixo direto nos cursos d'água urbanos apenas completam esse triste trabalho (Bottin *et al*., 2007). Segundo Cunha (2010), em uma escala de tempo geológico é que os rios têm a capacidade de se regenerar, ou uma outra possibilidade se dá a partir de algumas intervenções humanas, como por exemplo a revitalização de rios através de ações para estabilidade dos canais.

Conforme a Figura 1, a seguir, é possível observar a área de estudo da presente pesquisa, que integra as bacias hidrográficas que estão sob domínio da urbanização da cidade de Chapecó/SC. São estas a bacia hidrográfica do lajeado da Divisa, a bacia hidrográfica do lajeado Taquarussuzinho, a bacia hidrográfica do lajeado São José e a bacia hidrográfica do lajeado Passo dos Índios, distintas no mapa, por cores diferentes. Além disso, a figura apresenta os canais de drenagem em azul e a macrozona urbana da cidade, marcada por uma linha preta.

Figura 1 – Localização da cidade de Chapecó/SC com delimitação da área de estudo



Fonte: Organizado por Farias e Zamboni (2023)

3.1 ASPECTOS FÍSICOS

3.1.1 Geologia

O Brasil apresenta uma grande variedade de estruturas geológicas devido à sua extensão territorial. Segundo Ab'Saber (1955, p. 117), "o edifício geológico do Brasil é formado por uma espécie de mosaico de terrenos antigos e extensas bacias sedimentares, soerguidas a planos altimétricos diversos". Trazendo informações sobre o contexto do estado de Santa Catarina, podemos destacar que a região possui uma grande variedade de formações geológicas, incluindo rochas sedimentares, rochas ígneas e rochas metamórficas.

A área de estudo da pesquisa em questão está localizada no domínio da Bacia Sedimentar do Paraná, que compreende uma extensa área geográfica no Brasil. Esta é uma das maiores bacias sedimentares do mundo, que se estende por vários estados brasileiros, como Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul, São Paulo, Mato Grosso do Sul e Minas Gerais. A bacia é composta principalmente por rochas sedimentares, que foram depositadas ao longo de milhões de anos em ambientes fluviais, lacustres e marinhos (Ab'sáber, 1955; Scheibe, 1986; Kaul, 1990).

Uma importante formação geológica de Santa Catarina é a Formação Serra Geral, composta principalmente por rochas ígneas, como os dacitos, riodacitos, riolitos e basaltos, rochas estas, que sofreram ação geomorfológica e modificaram a paisagem da região (Scheibe, 1986). A cidade de Chapecó se insere nesta formação Serra Geral do Grupo São Bento. O Grupo São Bento é uma unidade litoestratigráfica que ocorre na Bacia do Paraná, essa unidade é composta principalmente de rochas sedimentares, como arenitos, conglomerados, folhelhos e siltitos, que foram depositados a partir da abertura do Atlântico, no fim do período Jurássico (Scheibe, 1986). "A escala temporal geológica desta unidade caracteriza uma formação no Cretáceo Inferior da era Mesozoica, inserida durante o Eón Fanerozoico iniciado há 542 milhões de anos" (Prefeitura Municipal de Chapecó; Universidade do Oeste de Santa Catarina; Universidade Comunitária da Região de Chapecó, p. 11, 2021).

Tratando-se da cobertura das unidades litoestratigráficas, conforme o mapeamento da CPRM (2014) e de readequações terminológicas de cunho geoestratigráfico, o município encontra-se no supergrupo São Bento. Dentro deste supergrupo, Chapecó está coberta pelo Grupo Serra Geral, o qual constitui cerca de

50% do território de Santa Catarina (Prefeitura Municipal de Chapecó; Universidade do Oeste de Santa Catarina; Universidade Comunitária da Região de Chapecó, 2021). As variações de feições e composições fez com que houvesse uma divisão dentro dessas formações, e a cidade então, tem sua base litológica marcada pela Formação Chapecó, composta por “rochas ácidas variando entre riodacitos a riolitos, matriz vitrofírica contendo pórfiros de feldspato” e pela Formação Paranapanema, composta por “basaltos microgranulares cinza, alterações nas faces de disjunção vermelho amarronzadas, horizontes vesiculares espessos preenchidos por quartzo (ametista), zeolitas, carbonatos, celadonita, Cu nativo e barita” (CPRM, 2014). Segundo Caldasso, Viero e Freitas (2002, p. 7):

> As rochas vulcânicas da Bacia do Paraná são constituídas dominantemente por derrames basálticos, intercalando na porção médio-superior da coluna manifestações ácidas subordinadas (riolitos e riodacitos), em pelo menos dois níveis distintos.

As rochas da Formação Chapecó constituem uma unidade descrita como rochas vulcânicas porfiríticas compostas por uma matriz vítrea com fenocristais de feldspato que apresentam coloração verde pálido a esbranquiçado quando alterados (Caldasso; Viero; Freitas, 2002). Devido a sequência destas formações rochosas da parte superior da crosta e através das atividades de intemperismo que dão origem aos solos, desenvolvem-se nesse contexto Argissolos, Neossolos, Latossolos e Cambissolos, solos esses, com coloração marrom a avermelhada, com a presença de diferentes minerais, que justificam as cores, como por exemplo magnésio e ferro (Prefeitura Municipal de Chapecó, [2011]; Xavier *et al*., 2019).

3.1.2 Relevo

O relevo da Região Sul é predominantemente formado por um conjunto de planaltos, conhecido como Planalto Meridional do Brasil e que se elevam a altitudes superiores a 1.000 metros acima do nível do mar (Moreira; Lima, 1977). Além disso, a região apresenta uma ampla variação nos aspectos geomorfológicos, resultantes da interação de diversos fatores, como sistemas climáticos, características litológicas e estruturais e intervenções humanas, estes, responsáveis pelas modificações no ambiente (Herrmann; Rosa, 1990). Na parte oeste do estado, onde localiza-se a

cidade de Chapecó, a altitude varia, mas a média é de 600 metros acima do nível do mar, porém, a presença de rios e seus afluentes pode afetar significativamente a variação altimétrica em determinados lugares, como é o caso do Rio Uruguai e seus afluentes. O relevo é considerado ondulado, com colinas e morros suaves, além de algumas áreas mais planas (Herrmann; Rosa, 1990; Peluso Júnior, 1986; Prefeitura Municipal de Chapecó; Universidade do Oeste de Santa Catarina; Universidade Comunitária da Região de Chapecó, 2021).

Segundo Peluso Júnior (1986) o município está incluso no Planalto da Bacia do Rio Uruguai, que é de natureza ígnea extrusiva. Esta feição geomorfológica é dividida em três secções: Planalto Oriental, Planalto do Meio-Oeste e Planalto do Oeste, sendo que Chapecó se encaixa na secção do Planalto do Oeste. “A origem dessa forma de relevo tem duas fontes principais: a extrusão basáltica e o intemperismo” (Peluso Júnior, 1986, p. 12). Ao que se trata das feições ligadas aos canais fluviais, Moreira e Lima (1977, p. 29) trazem a seguinte informação:

> Resistindo à erosão física e química, os basaltos provocam irregularidades nos perfis longitudinais dos rios, marcados por corredeiras e cachoeiras. Nas lavas, os rios têm dificuldade em aprofundar seus leitos, nos quais as rochas expostas formam “lajeados” que dão origem às corredeiras; uma vez abandonando o lençol de lavas sua tendência é precipitar-se em saltos e cachoeiras.

Segundo as informações dos autores citados, é possível entender melhor o contexto em que se encontram os rios da cidade, objeto de estudo da presente pesquisa. São cursos d’água formados sob basaltos, com a formação de grandes lajeados, que em sua maioria, constituem corredeiras, saltos e até mesmo cachoeiras.

3.1.3 Clima

O Brasil é um país que possui uma grande extensão territorial e, consequentemente, diversidade climática, com diferentes características regionais de norte a sul (Nery, 2005). O clima predominante na região Sul é o Clima Subtropical Úmido ou Mesotérmico do tipo Temperado, e neste tipo climático observa-se uma temperatura média anual entre 18ºC e 19ºC (Nimer, 1990; Gonçalves, 2018). Chapecó apresenta uma amplitude térmica em alguns períodos do ano bastante alta, e também variam de acordo com a altitude, sendo mais baixas nas áreas mais elevadas. Nos meses do ano representativos do verão, a temperatura média é de cerca de 24ºC, já

a temperatura média anual varia de 14 a 23ºC. Uma característica marcante deste tipo climático são as baixas temperaturas registradas no inverno, chegando facilmente a 0ºC ou até mesmo abaixo disso em alguns períodos de frio mais intenso (Binda; Mendes; Kochemborger, 2016; Nery, 2005).

Segundo Nery (2005, p. 62), “estudar a região sul do Brasil e sua dinâmica é muito complexo e requer um olhar atento sobre os diferentes sistemas que atuam nessa região”. Alguns dos sistemas mais importantes de atuação são os Complexos Convectivos de Mesoescala (MCC) e as Zonas de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), que explicam as chuvas de verão que ocorrem principalmente na região sul do Brasil. Além disso, a região é influenciada tanto por centros de ação de latitudes baixas quanto por aqueles originários de latitudes elevadas, o que resulta em uma distribuição relativamente homogênea das chuvas e temperaturas ao longo do ano (Nery, 2005; Nimer, 1990).

A respeito da precipitação, segundo Nery (2005, p. 62) “o sul do Brasil, devido à sua localização latitudinal, sofre mais influência dos sistemas de latitudes médias, onde os sistemas frontais são os principais causadores de chuvas durante o ano”. Tratando especificamente do oeste de Santa Catarina, há uma alta precipitação devido à ação de correntes perturbadas de oeste, principalmente durante a primavera e verão, apresentando assim, uma precipitação média de 1.900 mm/ano. Chapecó corresponde a uma das localidades com maior precipitação do estado de Santa Catarina (Nimer, 1990; Zenaro; Tomazoni, 2020).

3.1.4 Vegetação

A Região Sul do Brasil possui características climáticas únicas devido à sua localização geográfica e dimensão territorial. Desta forma, a região apresenta uma cobertura vegetal com poucas características tropicais, predominando formações vegetais subtropicais em alguns locais (Alonso, 1977; Leite; Klein, 1990). Segundo Alonso (1977, p. 81), atualmente “decorrente da ação antrópica, sua vegetação original está bastante alterada, quer em sua composição florística quer em seus limites, tornando-se difícil uma real reconstituição da cobertura original”.

A diversidade vegetacional encontrada no estado é resultado da influência de diferentes climas, diferentes formações rochosas, solos e relevos e também pela grande quantidade de canais fluviais e diferentes níveis de precipitação que ocorrem

durante o ano (Leite; Klein, 1990). Referente ao município de Chapecó, este se insere no Bioma Mata Atlântica, porém, segundo as regiões fitoecológicas ou fitogeográficas estabelecidas por Leite e Klein (1990), o tipo de vegetação encontrada nos limites da cidade são a Floresta Estacional Decidual e a Floresta Ombrófila Mista (Floresta de Araucárias).

Conforme Leite e Klein (1990) a Floresta Estacional Decidual é um tipo de floresta que ocorre em regiões de clima subtropical, caracterizado por estações bem definidas ao longo do ano. É encontrada em altitudes entre 80 a 800 metros na região sul do Brasil, acompanhando o vale do Rio Uruguai e subindo pelos seus afluentes (Prefeitura Municipal de Chapecó; Universidade do Oeste de Santa Catarina; Universidade Comunitária da Região de Chapecó, 2021). Ela é formada principalmente por árvores latifoliadas, que perdem suas folhas durante a estação seca, geralmente causada pelo frio do inverno, sua composição é bastante diversificada, com árvores de diferentes portes e espécies (Leite; Klein, 1990; Rosemback, 2007).

Referente a Floresta Ombrófila Mista, também conhecida como Floresta de Araucárias, é caracterizada pela presença de árvores de grande porte, como a *Araucaria angustifolia* (pinheiro-do-paraná), que pode atingir até 50 metros de altura. Segundo Alonso (1977, p. 89), essa vegetação:

> Estruturalmente é caracterizada por dois estratos arbóreos e um arbustivo. O estrato arbóreo superior é constituído pelo pinheiro e o inferior, por outros elementos cuja constituição e altura variam de acordo com as condições locais e com o estágio da vegetação. Muitas de suas espécies perdem as folhas durante a estação seca.

Em Chapecó, grande parte da ocupação da cidade se dá por áreas de construções, pastagens e culturas diversas, o pouco que se encontra de mata nativa está em áreas restritas ou de preservação legal (Leite; Klein, 1990). Segundo o Diagnóstico Socioambiental da cidade (Prefeitura Municipal de Chapecó; Universidade do Oeste de Santa Catarina; Universidade Comunitária da Região de Chapecó, 2021, p. 12), “a região de estudo transformou-se por conta da supressão da floresta primária para a exploração de madeira, para a implantação de monoculturas e para o pastoreio de gado”.

A vegetação nativa presente nas margens dos cursos d'água, conhecida como faixa ciliar ou mata ciliar, é de extrema importância para a manutenção da qualidade

da água e da biodiversidade dos ecossistemas. No município, as margens dos cursos d'água apresentam problemas de degradação da vegetação, com áreas esparsas e em alguns casos, solo exposto. A presença de vegetação nativa é mais evidente nas áreas ciliares dos canais fluviais, mas infelizmente essa vegetação se encontra fragmentada em trechos e em alguns casos está presente somente em uma das margens (Prefeitura Municipal de Chapecó; Universidade do Oeste de Santa Catarina; Universidade Comunitária da Região de Chapecó, 2021).

3.1.5 Hidrografia

Como o Brasil possui uma grande diversidade ambiental, suas bacias hidrográficas são igualmente diversas e complexas, tornando difícil o entendimento completo de todo o sistema hidrográfico do país. De acordo com o Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica, há oito regiões hidrográficas principais no Brasil: Amazônica, Tocantins, Atlântico Sul – Norte/Nordeste, São Francisco, Atlântico Sul – Leste, Paraguai/Paraná, Uruguai e Atlântico Sul – Sudeste, cada uma com suas características específicas (Cunha, 2006). Segundo Santos (1977, p. 111):

> A drenagem da Região Sul, representada em superfície por uma hidrografia rica em rios caudalosos e abundantes, marca, na paisagem regional, sua impressão de grandiosidade e importância, notadamente pela riqueza do potencial hidráulico dos rios que se entalham no Planalto Meridional, decorrência da estrutura geológica e das boas condições hídricas que o caracterizam.

Além disto, a região é caracterizada por uma extensa rede hidrográfica, composta em grande parte por rios abundantes. Essa riqueza hidrológica é especialmente notável no Planalto Meridional, onde a estrutura geológica e as boas condições hídricas favorecem um grande potencial hidráulico dos rios que cortam a região. Essa condição propicia a exploração de recursos hídricos para diversas atividades econômicas, como a geração de energia elétrica, a irrigação, a navegação, a pesca e o abastecimento de água para a população (Santos, 1977).

Chapecó está localizada dentro da Região Hidrográfica do Meio Oeste (RH2), que abrange principalmente as bacias dos rios Chapecó e Irani, juntamente com outras bacias adjacentes e que drenam diretamente para o rio Uruguai (Santa Catarina, 2017). Os canais que drenam essas bacias da Região Hidrográfica do Meio

Oeste costumam ter curso sinuoso devido aos aspectos geológicos da região, além disso, existe a ocorrência muito comum de lajeados, corredeiras e quedas (Herrmann; Rosa, 1990). No que se refere às bacias hidrográficas urbanas de Chapecó, temos duas principais, que drenam a maior parte da macrozona urbana do município: a bacia hidrográfica do lajeado São José e a do lajeado Passo dos Índios, chamadas de bacias contíguas, que segundo o Plano Estadual de Recursos Hídricos de Santa Catarina (2017), representam cerca de 7% da área total da RH2 e drenam diretamente ao rio Uruguai.

Segundo Binda (2015), os principais cursos d'água que estão inseridos no contexto das bacias hidrográficas urbanas da cidade de Chapecó estão agrupados em: a) lajeado São José, que abrange aproximadamente 26% do perímetro urbano da cidade, b) pequenos cursos d'água afluentes diretos do rio Irani, c) lajeado Passo dos Índios, que abrange a maior parte da área urbana (43%) junto com seus afluentes: Santa Maria, Bela Vista, Passo dos Fortes, Santo Antônio e Palmital corresponde a principal bacia hidrográfica urbana de Chapecó, d) o rio Monte Alegre, que deságua no rio Uruguai e, e) os afluentes do lajeado São José – Passo dos Índios, canais estes que desaguam a jusante da confluência entre os dois, sendo eles: lajeado da Divisa, Taquarussuzinho e Ferreira.

Em um trabalho mais recente, Segnor (2021) contabilizou 20 bacias hidrográficas no município, dentre essas são: lajeado do Carneiro, lajeado Retiro, lajeado Capinzal, rio Florentino, lajeado Taquaruçu, lajeado Tigre, lajeado Rondinha, rio Lambedor, lajeado Primeiro de Março, lajeado Veríssimo, rio Chalana e rio Taquara. Algumas destas bacias hidrográficas ultrapassam os limites do município de Chapecó, abrangendo parcialmente os territórios de Guatambú, Cordilheira Alta e Xaxim, não sendo exclusivamente urbanas (Segnor, 2021; Binda, 2015).

As bacias hidrográficas urbanas são áreas que foram impactadas pela presença de atividades humanas, como construção de edifícios, pavimentação de ruas e estradas, e até mesmo lançamento de resíduos e poluentes no sistema de drenagem. O início da ocupação urbana em uma bacia hidrográfica geralmente ocorre no baixo curso, devido às condições de relevo e à localização dos pontos de inundação, que estão muitas vezes relacionados a aspectos naturais da morfologia fluvial (Pires; Santos; Dal Prette, 2002; Tucci, 2003). Segundo Lorandi e Cançado (2002, p. 54):

> Devido à falta de planejamento do uso e ocupação do solo urbano e rural, observa-se comumente, uma série de problemas relacionados à urbanização desses solos que direta ou indiretamente causam problemas no gerenciamento de Bacias Hidrográficas.

Os rios urbanos têm passado por grandes transformações desde quando o processo de urbanização se intensificou. Infelizmente, a falta de infraestrutura básica de saneamento, aumento da poluição ambiental, mudanças nas condições hidrológicas e morfológicas, e ocupação irregular de suas margens têm agravado ainda mais a deterioração desses rios.

4 METODOLOGIA

Para a análise neste trabalho, optou-se por utilizar a adaptação do PAR, apresentada por Campos (2020) e criada especificamente para avaliação de rios em áreas urbanas, nomeado de Protocolo de Avaliação Rápida de Rios Urbanos (PARU)(Quadro 5). Conforme mencionado anteriormente no item 2.6 desta pesquisa, esta adaptação tem sua origem em dois protocolos bases para sua formulação: Rodrigues, Castro e Malafaia (2008) e Callisto *et al*. (2002), trazendo modificações e melhorias perante as particularidades urbanas, (Campos; Nucci, 2019).

A primeira etapa desta metodologia se caracteriza pela definição dos pontos a serem visitados em campo para se realizar a aplicação do PARU. Neste caso, a definição foi definida previamente com o auxílio do *software* Google Earth Pro©, onde se buscou por locais de fácil acesso e com trechos do rio aberto. Definidos os locais, as saídas de campo para realização da pesquisa aconteceram no decorrer dos meses de junho, julho e agosto de 2023, uma vez na semana, com exceção dos dias chuvosos. Para efetuar esse tipo de avaliação é necessário que seja feito uma divisão do curso d'água a ser estudado, através de trechos ou setores, de modo que possa ser avaliado cada um deles (Martí Talavera; Nova Sánchez, 2019). Sendo assim, a pesquisa e a atividade de campo foram divididas por bacias hidrográficas urbanas e também por cursos d 'água.

Como mencionado, os locais que foram observados tiveram sua escolha com base na facilidade de acesso e onde foi possível a visualização do canal, visto que em vários trechos urbanos, os rios já se encontram totalmente canalizados. Além disso, é importante destacar que a aplicação do PARU é pontual, porém a análise é realizada a partir da observação do trecho fluvial, a partir daquele ponto.

O PARU utilizado nesta pesquisa está representado no Quadro 5. Cabe destacar, que este protocolo é resultado de um trabalho relativamente recente e em um contexto urbano (Curitiba/PR) distinto ao de uma cidade média como Chapecó/SC. Desta forma, alguns aspectos necessitam de revisão, porém, quanto a isso, optou-se por apresentá-los a partir da avaliação dos resultados.

Quadro 5 – Protocolo de Avaliação Rápida de Rios Urbanos (PARU)

(continua)

CRITÉRIO	CONDIÇÃO DO RIO (PARÂMETROS)											
	Ótima		Boa			Regular			Ruim			
Estabilidade das margens	Margem estável, sem evidência de erosão.		Margem moderadamente estável, com pequena evidência de erosão somente nas curvas ou com erosão em menos de 1/4 do trecho observado.			Margem moderadamente estável, com deslizamentos nas curvas ou erosão em menos da metade do trecho observado.			Margem instável, com evidência de erosão em mais da metade de sua extensão. Margens canalizadas ou retificadas sem vegetação restabelecida.		
MD	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
ME	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Presença e estado de conservação da mata ciliar	A vegetação ocupa quase toda a margem e é composta predominantemente por espécies arbustivas e arbóreas, sem sinais de degradação causados por atividades humanas.		A vegetação ocupa mais de 3/4 da margem e as espécies arbóreas e arbustivas são predominante sem relação às herbáceas.			A vegetação ocupa mais da metade da margem e a vegetação herbácea é abundante.			A vegetação é praticamente inexistente. O solo está exposto à intempéries naturais ou está impermeabilizado ou ocupado por edificações.		
MD	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
ME	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Ocupação das margens do rio	A mata ciliar compreende toda (ou quase toda) a margem do rio e é composta principalmente por espécies arbóreas e arbustivas.		Mais da metade da margem é composta por mataciliar, independentemente do tipo de vegetação.			Mais da metade da margem tem solo exposto ou é ocupada por estruturas urbanas, como residências, comércios, indústrias, sistema viário, etc.			A margem é ocupada prioritariamente por estruturas urbanas, como residências, comércios, indústrias, sistema viário, etc.		
MD	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
ME	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Resíduos sólidos (lixo)	Não se observam resíduos sólidos no fundo nem nas margens do rio.		Existem resíduos sólidos em pouca quantidade nas margens, que aparentemente ainda não alcançaram o canal fluvial. São em geral recentes e estão próximos às pontes e ruas.			Existem resíduos sólidos em pequena quantidade no fundo do rio ou nas margens. Podem estar concentrados em pequenas porções ou dispersos.			Existe uma grande quantidade resíduos sólidos no fundo e/ou nas margens do rio.		
	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Esgoto doméstico e efluente industrial	Não se observam canalizações, nem odor ou presença de espuma, mancha escura ou óleo na água ou sedimento.		Existem uma das seguintes evidências: 1) canalizações nas margens; 2) espuma na água ou sedimento; 3) odor característico de esgoto doméstico ou outro odor forte na água.			Existem duas das seguintes evidências: 1) canalizações nas margens; 2) espuma na água ou sedimento; 3) odor característico de esgoto doméstico ou odor forte não identificado; 4) mancha escura ou óleo na água ou sedimento.			Existem três ou mais das seguintes evidências: 1) canalizações nas margens; 2) espuma na água ou sedimento; 3) odor característico de esgoto doméstico ou odor forte não identificado; 4) mancha escura ou óleo na água ou sedimento.		
	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Alterações antrópicas no canal fluvial	Ausência de alterações antrópicas no canal fluvial, como dragagens, pontes, diques e estabilização artificial das margens.		Pouca modificação presente, em geral em área de apoio de pequenas pontes ou evidência de canalizações antigas, mas com ausência de canalizações recentes.			Presença de pontes com grande estrutura de sustentação, estruturas que dificultem o fluxo de água no rio (diques, tubos, etc.) ou de escoramento nas margens e evidências de dragagem.			O rio encontra-se retificado e canalizado, com as margens totalmente (ou quase totalmente) cimentadas.		
	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Deposição de sedimentos	Ausência de bancos de areia (feições deposicionais que podem aparecer na forma de ilhas ou de barras que se desenvolvem ao longo das margens). As águas correm normalmente.		Há pequenos bancos de areia recentes ou pequenos alargamentos existentes que não afetam as condições de escoamento da água.			Os bancos de areia são extensos e podem interferir no escoamento da água no rio. A deposição de novos sedimentos mostra que os bancos estão se desenvolvendo.			Há muito sedimento depositado no rio, indicando alto nível de assoreamento. Os bancos de areia se estendem ao longo das margens e do rio e atrapalham o escoamento da água.		
	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Substratos e/ou habitat disponíveis	Existem vários tipos e tamanhos de substratos e habitats estáveis para a biota aquática, tais como galhos e troncos, cascalhos, folhas e plantas aquáticas.		Existem muitos galhos e troncos, cascalhos, folhas e plantas aquáticas, mas estão totalmente disponíveis.			Existem poucos galhos e troncos, cascalhos, folhas e plantas aquáticas, e não estão totalmente disponíveis.			Ausência de substratos e habitats estáveis disponíveis. Não existem galhos ou troncos, cascalhos, folhas e plantas aquáticas, ou estão soterrados.		
	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Soterramento	Não se observa acúmulo de lama ou areia no fundo do rio.		Pouca quantidade de lama e areia cobrem o fundo do rio, sendo possível ver bastante substratos e habitats disponíveis.			Boa parte do fundo do rio está coberto por lama ou areia, mas ainda é possível ver substratos e habitats disponíveis.			O fundo do rio apresenta muita lama ou areia, cobrindo os substratos e habitats disponíveis.		
	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0

(conclusão)

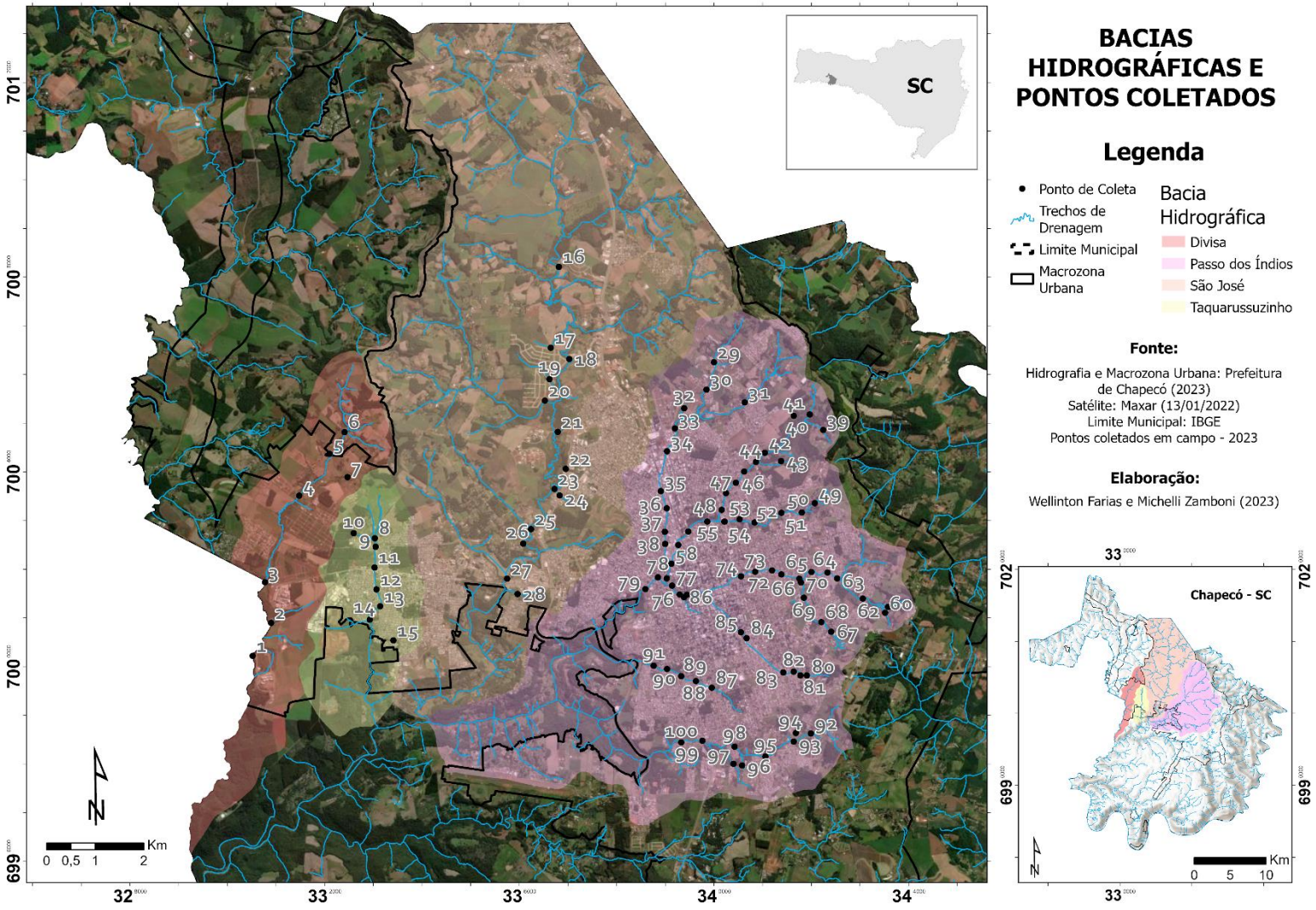
Animais	Observam-se com facilidade peixes, insetos aquáticos, anfíbios (sapos, rãs ou pererecas).		Observam-se poucos peixes, insetos aquáticos, anfíbios (sapos, rãs ou pererecas) ou mamíferos silvestres (como a capivara) no rio ou nas margens.			Observam-se apenas aves no rio ou nas margens.			Não é visível nenhum animal aquático ou silvestre no rio ou margens.		
	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0

Fonte: Campos (2020) Organização: elaborado pela autora (2023).
Legenda: MD: margem direita; ME: margem esquerda.

A etapa seguinte referente a metodologia, foi a de realizar a tabulação dos dados obtidos em campo. Para cada ponto analisado, foi organizado um quadro com informações como a localização (geográfica e pontos de referência urbanos), a descrição geral das características do canal fluvial (margens, leito, urbanização próxima etc.), imagens fotográficas do dia da aplicação e o resultado da pontuação obtida pela avaliação do PARU. Os dados obtidos foram compilados para que juntamente com os mapas auxiliassem nas análises e entendimento do que acontece nestes sistemas fluviais estudados, produzindo os resultados deste trabalho. Os mapas produzidos foram gerados a partir no *software* Arcgis Pro 3.0© considerando o sistema de projeção UTM, zona 22S e DATUM SIRGAS 2000.

A aplicação do PARU iniciou-se pelo lajeado da Divisa e seus afluentes, depois seguiu para o lajeado Taquarussuzinho e seus afluentes, estes com menos pontos, pois se tratam de bacias hidrográficas menores. Posteriormente, a aplicação iniciou-se no lajeado São José e seus afluentes e por último, no lajeado Passo dos Índios e seus afluentes, sendo estas duas últimas bacias hidrográficas, as que demandaram maior tempo de estudo. A pesquisa foi realizada nas bacias hidrográficas urbanas de Chapecó, totalizando 100 trechos de avaliação, distribuídos em pontos de localização conforme a Figura 2.

Figura 2 - Bacias hidrográficas e pontos de coleta de dados



Fonte: Elaboração Farias e Zamboni (2023)

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados apresentados diante da aplicação do PARU em 100 pontos da cidade de Chapecó/SC foram satisfatórios, mostrando que o protocolo tem funcionalidade para apresentar um resultado dentro da sua proposta. Porém, indo a campo foi perceptível que para a presente pesquisa, por conta da área de estudo divergir da área original, foi necessário realizar uma adaptação no protocolo.

Durante o levantamento dos dados e a classificação conforme trabalho de Campos (2020), que indica a divisão conforme apresentado na Tabela 1 no item 2.6 desta pesquisa, percebeu-se que a para a realidade da cidade de Chapecó, houve uma limitação, pois o que se encontrou em campo nem sempre refletia os aspectos do PARU. Nesse sentido, houve a necessidade da revisão das classes e optou-se por incluir uma classe a mais do que a proposta original de Campos (2020), dividindo a pontuação entre as classes intermediárias, conforme estipulado na tabela 2.

Tabela 2 – Condição geral do rio conforme pontuação total do PARU - Adaptado

Condição geral do rio	**Pontuação**
Ótimo	81 – 100
Bom	61 – 80
Regular	41 – 60
Ruim	21 - 40
Péssimo	0 – 20

Fonte: Autora (2023) adaptação para Campos (2020).

A condição encontrada em alguns trechos, diante da pontuação inicial recebida, se mostrava como Ótima, ou Boa, mas na realidade elas eram mais para regulares, apresentando algumas modificações que não poderiam ser consideradas como boas. Portanto, além da mudança na pontuação conforme tabela, optou-se pela seguinte classificação qualitativa: quando Ótimo, o rio deve apresentar a maior naturalidade possível. Quando Bom, o canal deve apresentar poucas alterações, sem maior intervenção humana, mantendo o ecossistema preservado. Quando o resultado for Regular, o curso d'água deve apresentar alterações que impactem o ecossistema local, e pelo menos uma alteração antrópica. Para o resultado Ruim, é necessário que exista pelo menos três alterações antrópicas, poluição em maior quantidade. Já a

condição Péssima é quando o rio está totalmente modificado ou canalizado por completo, não existindo mais nenhum tipo de vida nesse local.

Vale recordar que o uso e ocupação da terra nos trechos analisados são predominantemente industriais, residenciais e/ou comerciais. Assim, em quase todos os pontos existe algum tipo de canalização, pois estão nas proximidades de travessias de ruas na cidade. Segundo Campos (2020), o critério de alterações antrópicas na estrutura do rio é selecionado por se tratar de algo que afeta e tem consequências significativas para o ecossistema fluvial, neste caso, as atividades humanas como construção de pontes, diques, barragens, retificação do canal, canalização, entre outros, podem afetar a qualidade da água e a modificação das dinâmicas do rio e sua biodiversidade.

Segundo Chin (2006), o desenvolvimento da urbanização transformou as paisagens dos rios e induz a mobilização de sedimentos e deposição dentro dos canais, causando o desequilíbrio dinâmico do sistema fluvial. Isso pode ser visto nestas saídas a campo, onde os rios encontram-se completamente alterados e, consequentemente, com alterações e impactos diversos no sistema como um todo.

5.1 AVALIAÇÃO DA APLICABILIDADE DO PARU EM CHAPECÓ/SC

Como resultado final foram compilados dados e representados nos mapas a seguir, que foram divididos por bacias hidrográficas com suas respectivas descrições. Além disso, para entendimento destes resultados é necessário discutir os critérios estabelecidos no protocolo e a forma como foram analisados durante a aplicação do protocolo de avaliação rápida de rios urbanos:

a) Estabilidade das margens: para esta análise o que se evidencia em geral é a erosão das margens. A presença de vegetação nas margens sugere uma melhor estabilidade, pois o solo não está exposto. Contudo, foi observado em campo grandes erosões, sobretudo em trechos sinuosos dos rios (figura 3A). Outra observação realizada foi a divergência entre a margem direita e esquerda, fato importante, pois a pontuação é relativa à margem analisada, conforme figura 3B. Também existem setores onde as margens estão canalizadas representando forte ação antrópica, sendo assim, receberam a pontuação mais baixa deste item de análise (figura 3C). Alguns pontos

apresentaram, por exemplo, uma margem estável, enquanto a outra, grandes extensões de erosão, a exemplo da imagem observada na figura 3D.

Figura 3 - Pontos de análise representativos de estabilidade das margens

Fonte: Organizado pela autora (2023)

b) Presença e estado de conservação da mata ciliar: esse critério leva em consideração o tipo de vegetação que abrange as margens do trecho analisado e também a largura dessa vegetação. Foi observado durante as saídas a campo, presença de vegetação densa, porém arbustiva ou herbácea (de porte menor, figura 4A), muitos lugares com solo totalmente exposto ou com ocupações residenciais/comerciais no limite das margens (figura 4B), sendo assim, tendo menor pontuação nestes casos. Presença de pouca ou ausência de qualquer vegetação (figura 4C) e também a presença de vegetação mais densa com espécies maiores, como na figura 4D.

Figura 4 - Pontos de análise representativos de presença e estado de conservação da mata ciliar

(contínua)

(conclusão)

Fonte: Organizado pela autora (2023)

c) Ocupação das margens do rio: este parâmetro de ocupação das margens do rio leva em consideração para análise, cerca de 30 metros de largura, algo próximo do que seria o considerado área de preservação permanente (APP), dependendo do tamanho do canal em análise. Portanto, o critério aqui é a presença ou não da vegetação nas margens, mantendo maior “naturalidade” do local (figura 5A), ou se esse espaço está ocupado por estruturas urbanas, solo exposto, sistema viário, etc. (figura 5C). Também é realizado a análise por margem, esquerda e direita, pois as ocupações variam muito conforme o lado do canal analisado, conforme exemplo na figura 5B e 5D.

Figura 5 - Pontos de análise representativos de ocupação das margens do rio

Fonte: Organizado pela autora (2023)

d) <u>Resíduos sólidos (lixo):</u> neste parâmetro, a análise é bem pontual, se refere a presença de lixos nas margens e/ou interior dos canais. A pontuação maior é

recebida em caso de não existir lixo (ao menos visualmente) nos trechos observados (figura 6A). Já se a quantidade de lixo for maior, menor é a pontuação recebida (figura 6B). Estes lixos visualizados são na maioria de procedência doméstica.

Figura 6 - Pontos de análise representativos de resíduos sólidos (lixo)

Fonte: Organizado pela autora (2023)

e) Esgoto doméstico e efluente industrial: a avaliação desse critério trouxe várias surpresas durante os campos. Foram visualizados os mais variados tipos de canalizações chegando aos canais d'água: canalizações de drenagem (figura 7A) e canos industriais. Nestes casos apresentaram forte odor de esgoto e/ou manchas de oleosidade na água, até mesmo oleosidade no sedimento de fundo de alguns trechos observados, como podemos ver na figura 7B. Em alguns locais, foi observada a presença de espuma na água também (figura 7C) e canos domésticos (figura 7D). Para a obtenção da pontuação neste parâmetro, a análise levou em consideração a quantidade de divergências encontradas naquele ponto (canos de esgoto/industriais, odor de esgoto no local, manchas de óleo na água e/ou presença de espuma na água).

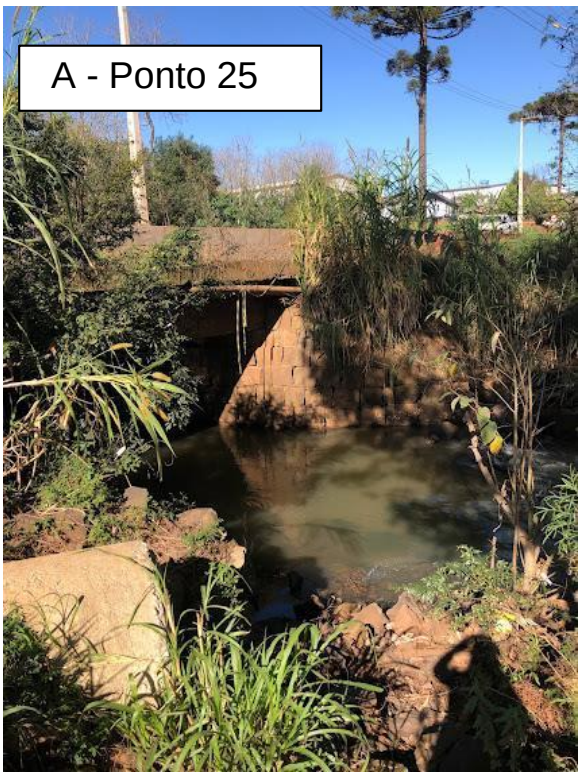
Figura 7 - Pontos de análise representativos de esgoto doméstico e efluente industrial

Fonte: Organizado pela autora (2023)

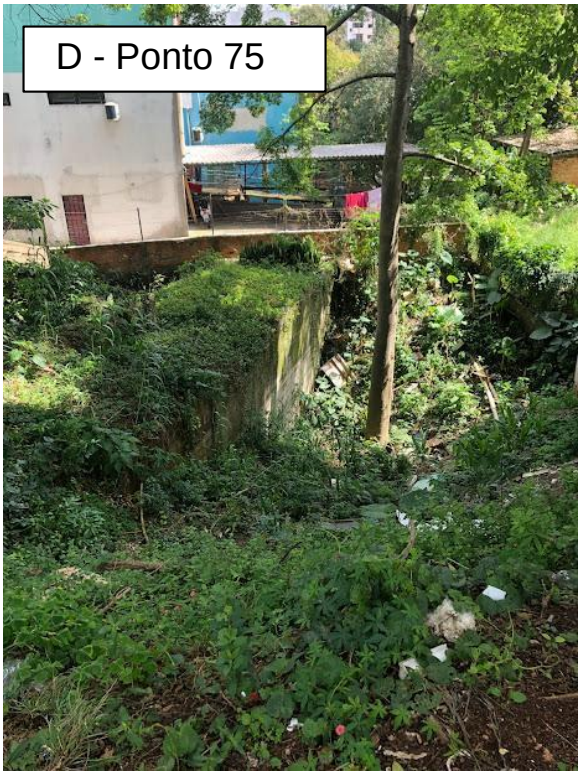
f) Alterações antrópicas no canal fluvial: a principal observação neste critério se deve a escolha dos pontos estipulados para a avaliação. De forma geral, os pontos foram definidos devido a acessibilidade ao local, portanto em qualquer circunstância existe um tipo de alteração antrópica, por menor que seja, existe uma canalização no trecho da rua para que fosse possível observar o local. Desta forma, foi levado em consideração para a avaliação e pontuação, o tamanho dessas modificações: grandes galerias (a exemplo na figura 8A) ou pequenas canalizações, presença de pontes de grande sustentação ou pequenas áreas de apoio, modificações de margens por retilinização (figura 8B), fundo do canal cimentado (figura 8C), ou até mesmo como em vários locais da cidade, a presença de canalizações totais do rio (figura 8D).

Figura 8 - Pontos de análise representativos de alterações antrópicas no canal fluvial

(contínua)



(conclusão)



Fonte: Organizado pela autora (2023)

g) Deposição de sedimentos: a descrição deste parâmetro no protocolo está bem definida, deixando claro sobre a existência ou não de deposição e acúmulo de sedimentos. Quanto maior for o nível de assoreamento do canal e se o mesmo interfere no fluxo de água, menor será a pontuação recebida (figura 9A e 9B). Este critério não foi de difícil visualização, pois em poucos pontos o volume da água era maior e a lâmina d'água mais profunda, dificultando a identificação. Uma observação no geral dos pontos foi a presença de vários locais com assoreamento, que inclusive, são pautas de melhorias na cidade. Frequentemente vários trechos de canais são dragados e é realizada a limpeza devido ao volume de sedimentos que se acumulam nos rios. Segundo o site da Prefeitura de Chapecó (2022), a última limpeza realizada na cidade iniciou em julho de 2022, passando pelo planejamento e autorização ambiental, para posterior efetivação do serviço. O objetivo desta limpeza foi a retirada do material acumulado nos rios urbanos com intuito de facilitar o escoamento e evitar problemas de inundações. Aqui é importante destacar que nem sempre os sedimentos são um problema, pois se tratam de lugares onde vivem os seres bentônicos, representando assim, um habitat para eles. Mas no caso dos

canais da cidade, que são mexidos regularmente através da limpeza com máquinas, consideramos aqui, como um problema que ajuda a aumentar os riscos de enchentes e inundações dos canais.

Figura 9 - Pontos de análise representativos de deposição de sedimentos

Fonte: Organizado pela autora (2023)

h) Substratos e/ou habitats disponíveis: neste critério de avaliação houve uma dificuldade maior em definir os substratos e habitats que cada ponto/trecho apresentava. A existência de galhos, vegetação aquática, cascalhos e outros muitas vezes afetam os outros parâmetros. Por exemplo, em alguns trechos, a presença de cascalhos é bem visível e em grande quantidade, mas eram locais onde existe grande sedimentação, portanto, aumenta-se a pontuação pela presença de vários substratos, mas perde-se pontos pela grande quantidade de assoreamento no canal. O mesmo acontece para os outros itens, como vegetação no canal, que prejudica o fluxo natural da água. Nestes casos, foi necessária uma avaliação minuciosa do que realmente ocorreu naquele trecho, para analisar se esses substratos realmente trazem algum benefício ao sistema fluvial e ecossistema ou se eram prejudiciais pela grande quantidade. As

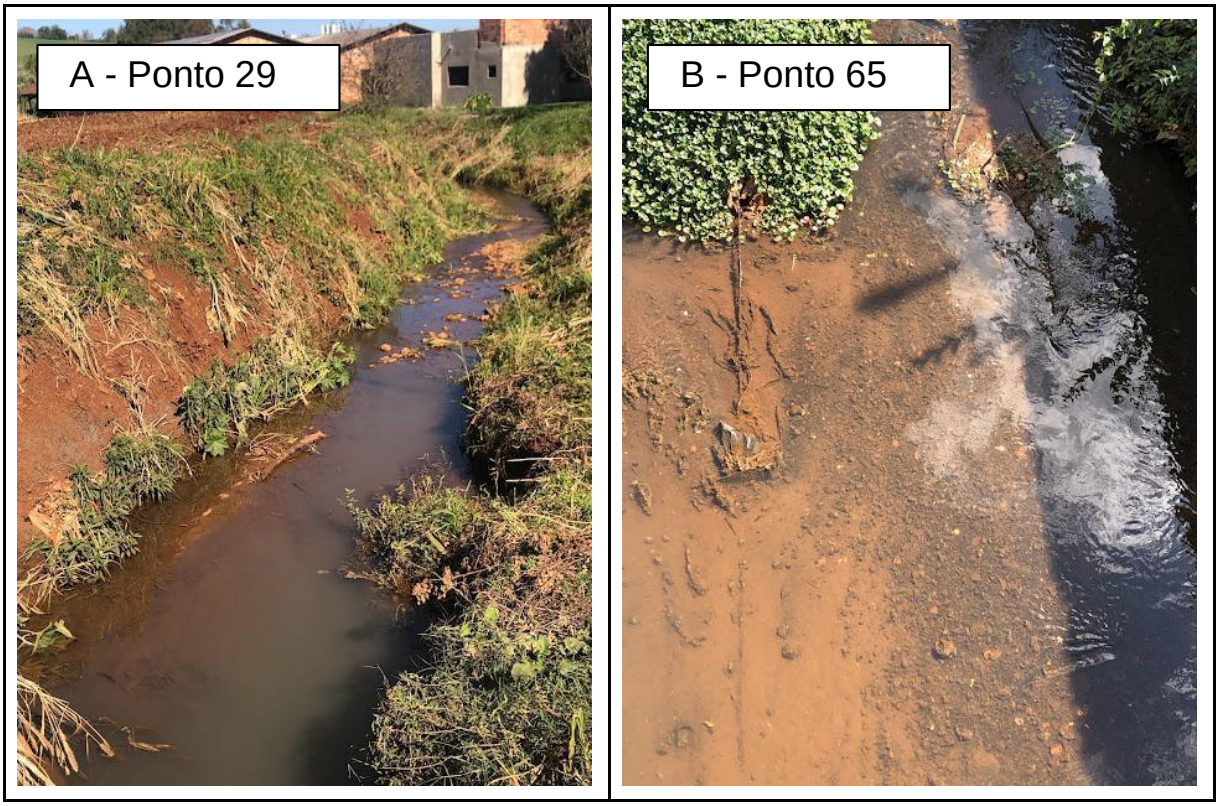
fotografias representativas seguem na figura 10A, 10B, 10C e 10D, que representam substratos onde foi avaliado como habitats disponíveis.

Figura 10 - Pontos de análise representativos de substratos e/ou habitats disponíveis

Fonte: Organizado pela autora (2023)

i) Soterramento: o acúmulo de lama no fundo do canal é o critério para a avaliação neste item. Nem todos os pontos/trechos têm baixo volume de água ou estavam com águas claras, portanto para esse parâmetro foi mais difícil ter uma assertividade efetiva. Optou-se nestes casos, por avaliar mais perto das margens (figura 11A), onde a visualização era melhor, devido ao menor volume de água ou menor turbidez da água. Já no caso de acúmulo de sedimentos no fundo do canal de forma bem visível, a exemplo da figura 11B, foi possível uma boa análise e desta forma a pontuação diminuiu bastante.

Figura 11 - Pontos de análise representativos de soterramento



Fonte: Organizado pela autora (2023)

j) Animais: a presença ou não de animais em áreas urbanas é bem relativa. No geral, não foram observados animais silvestres, mas foi possível perceber, em sua maioria, a existência de aves nos locais (figura 12A). No entanto, houve alguns pontos onde foi possível observar a presença de muitos girinos o que induz a concepção acerca da presença de anfíbios nestes locais (figura 12B, 12C e 12D).

Figura 12 - Pontos de análise representativos de animais

Fonte: Organizado pela autora (2023)

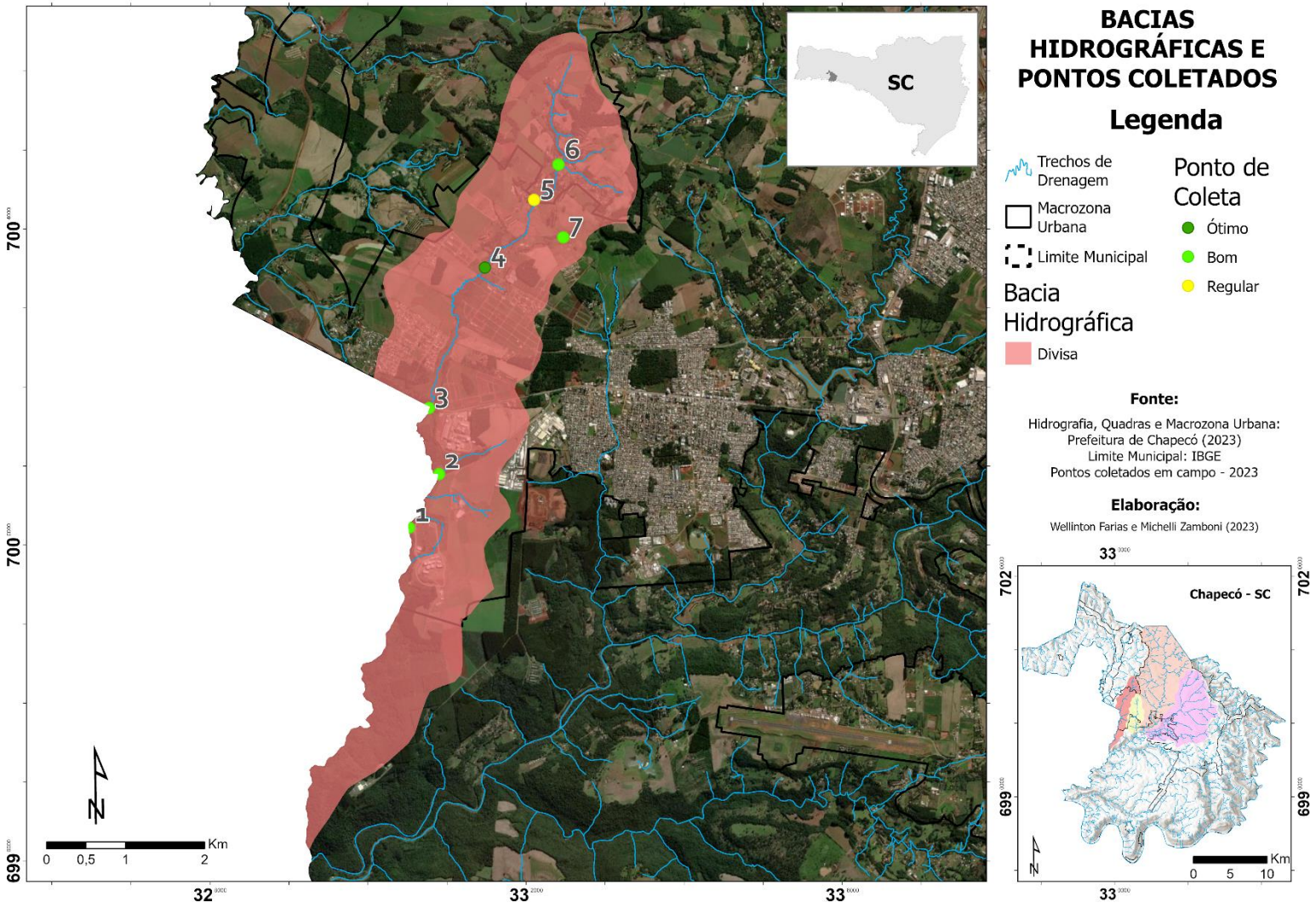
5.2 O PARU POR BACIAS HIDROGRÁFICAS

5.2.1 Bacia Hidrográfica Lajeado da Divisa

Para a análise individual por bacias hidrográficas, optou-se por iniciar a aplicação do protocolo pela bacia hidrográfica do lajeado da Divisa. Do ponto 1 ao ponto 5 o curso principal deste rio está totalmente dentro da macrozona urbana da cidade. No entanto, é uma área de ocupação urbana recente, sobretudo, com loteamentos com baixa ocupação. O ponto 6 fica localizado já em área periurbana, fora do perímetro urbano no município, porém, faz parte do curso principal do rio. Já o ponto 7 fica localizado em um afluente que deságua no curso principal.

Nesta bacia hidrográfica, os pontos foram organizados de jusante à montante, por conta da localização dos mesmos. O primeiro a ser analisado foi o número 1 seguindo a ordem, desta forma, o número 6 fica mais próximo a nascente do curso d’água. Referente a essa bacia hidrográfica, a figura 3 representa esse todo.

Figura 13 - Pontos coletados na Bacia Hidrográfica do Lajeado da Divisa



Fonte: Elaboração Farias e Zamboni (2023)

Os resultados da aplicação do PARU nestes trechos podem ser considerados como de melhor qualidade. Observando a figura 13 visualizamos que a área urbana desta bacia hidrográfica é menos densa, portanto, com menor influência sobre os canais d'água. De todos os lugares analisados, um ponto foi considerado "Ótimo" (ponto 4), trecho este, que apresentou uma naturalidade maior (figura 14A), sem muitas alterações antrópicas e com a presença de bastantes animais em suas margens e leito.

Cinco destes pontos foram considerados como "Bom" (ponto 1, 2, 3, 6 e 7) pois apresentaram melhor qualidade em seus aspectos de margens, leito, fluxo e etc. O que fez esses trechos diminuírem a sua pontuação, foi a presença de canalização (ponto 1 e 3), ocupação das margens por indústrias nas proximidades (ponto 3, figura 14B), presença de oleosidade na água (ponto 2, figura 14C) e outro ponto com margens expostas e sem presença de vegetação (ponto 6).

Por fim, um ponto considerado como "Regular" (ponto 5), apresentando uma pontuação mais baixa devido a sua localização (figura 14D). Esse trecho está em meio a uma comunidade que modificou seu curso e fez construções de casas praticamente em cima do próprio canal. Foi possível observar lixo nas margens, canos que saem das casas e deságuam no canal, portanto, considerou-se esse trecho como mais alterado em relação aos outros.

Figura 14 - Fotografias de alguns pontos de coleta Lajeado da Divisa

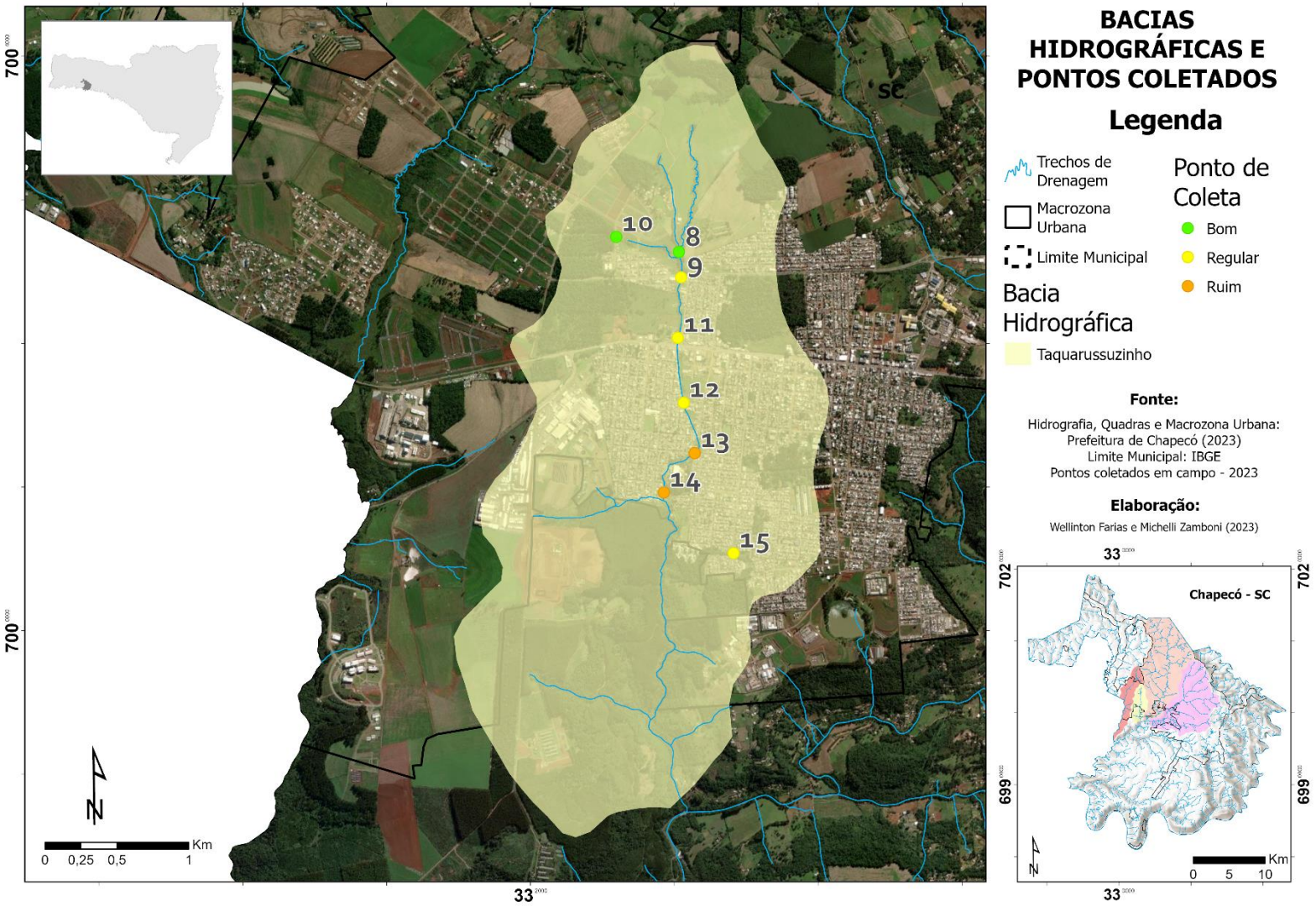
Fonte: Organizado pela autora (2023)

5.2.2 Bacia Hidrográfica Lajeado Taquarussuzinho

Os dados referentes aos pontos 8 até 15 pertencem a bacia hidrográfica do lajeado Taquarussuzinho. Neste caso, os pontos foram analisados de montante a jusante, ou seja, primeiramente os pontos mais próximos à nascente, seguindo até o limite da zona urbana da cidade. Destes pontos, dois deles (ponto 10 e ponto 15) são afluentes que deságuam no canal principal.

Como pode ser observado na figura 15, que representa a localização destes pontos de aplicação do PARU nesta bacia hidrográfica, a densidade de construções é relativamente maior quando comparado aos pontos analisados anteriormente (lajeado da Divisa). Além disso, os pontos selecionados chegam até o limite da macrozona urbana, ou seja, até onde foi possível ter acesso.

Figura 15- Pontos coletados na Bacia Hidrográfica do Lajeado Taquarussuzinho



Fonte: Organizado por Farias e Zamboni (2023)

Dentre os resultados obtidos, dois locais (ponto 8, figura 16A e ponto 10) apresentaram resultado “Bom”, com uma pontuação que remete a maior naturalidade de aspectos gerais, mas com presença de lixo nas margens.

O resultado “Regular” foi encontrado em quatro trechos desta bacia hidrográfica (ponto 9, 11, 12 e ponto 15). Nestes casos, apresentaram usos e ocupação do solo nas margens como residenciais e comerciais (pontos 9, 11 e 12), evidenciando maior antropização. Além disso, são pontos que apresentam urbanização densa (ponto 11), retilinearização do canal (ponto 12), canalização de grande porte (ponto 11) e até mesmo muita sedimentação no fundo do canal (pontos 12 e 15).

Já os trechos que correspondem aos pontos 13 e 14 apresentaram um resultado caracterizado como “Ruim” (figura 16B). Nestes locais foi possível observar alterações humanas bem mais intensas, como a presença de grandes estruturas de canalização e retificação das margens, e também, a presença de despejo de esgoto residencial, com a presença de forte odor.

Figura 16 - Fotografias de alguns pontos de coleta no Lajeado Taquarussuzinho

Fonte: Organizado pela autora (2023)

5.2.3 Bacia Hidrográfica Lajeado São José

O lajeado São José é um dos mais importantes para a cidade de Chapecó, não somente pelo fato de compreender uma grande parcela da drenagem de águas da cidade, mas por ser o principal manancial de abastecimento urbano. Por se tratar de um canal d'água com maior volume de água, sua área de proteção permanente é maior, inclusive pela legislação municipal. Desde 1981 o Estado de SC já coloca através do decreto nº 215, a bacia hidrográfica do lajeado São José em uma área de proteção especial e permanente, onde é proibido o lançamento de qualquer tipo de efluente nos corpos d'água e também é estipulado que a distância mínima para as construções seja de duzentos metros do rio (Facco, Lippert e Mergen, 2018).

Ainda sobre a legislação, durante anos no município essa bacia hidrográfica foi pauta de discussão e de modificações em legislações associadas com os planos diretores, justamente pelo fato da urbanização estar sempre aumentando nas proximidades dos canais d'água desta bacia. Ainda segundo Facco, Lippert e Mergen, p. 4, 2018:

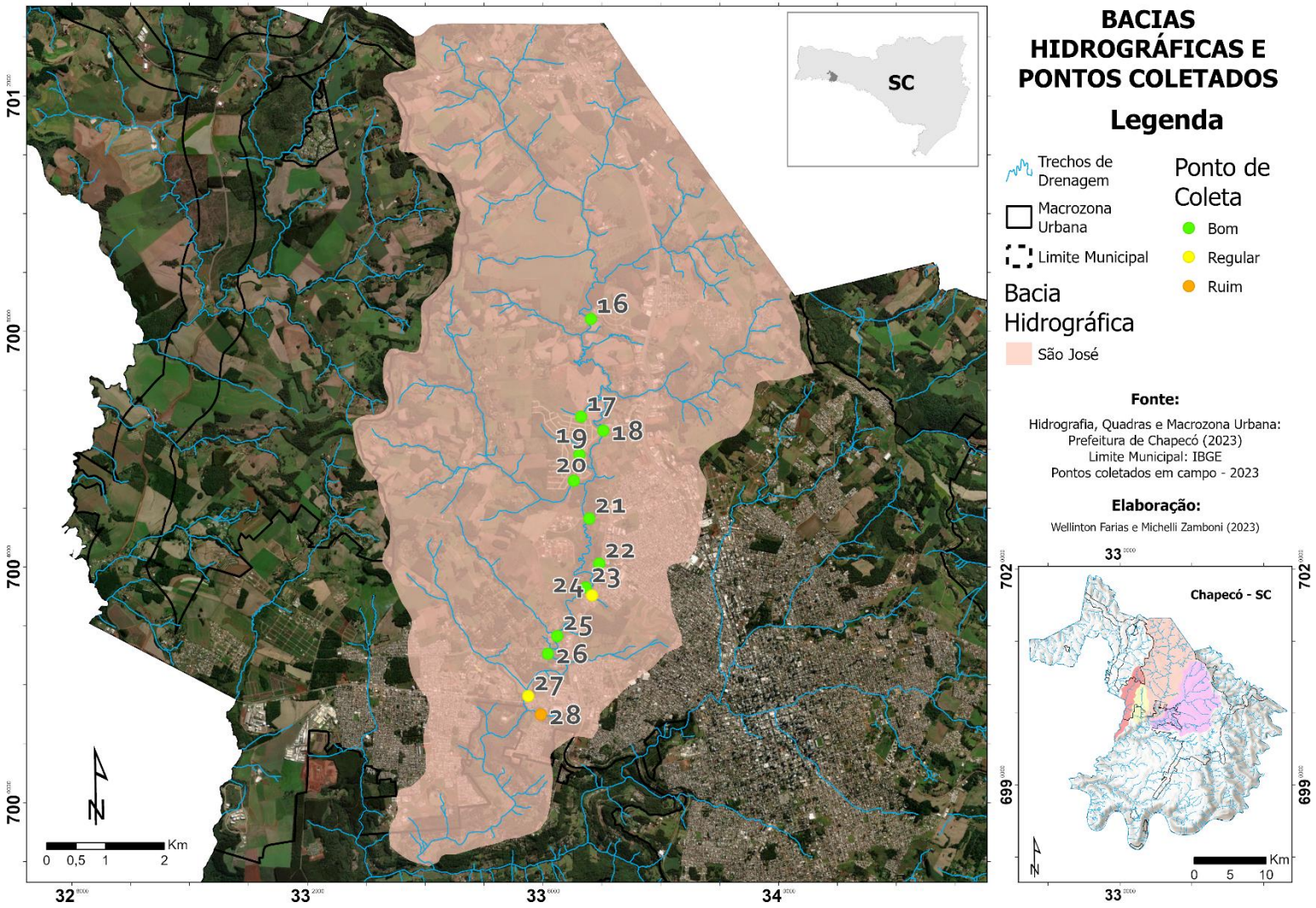
> Em 2010 é aprovada a lei nº 429/2010, que apesar de estabelecer alguns critérios para a ocupação das áreas na bacia acaba por legalizar a ocupação em toda área da mesma, o que deve ter impacto negativo sobre a qualidade e quantidade de água disponível para abastecimento público do município de Chapecó.

Como podemos observar na figura 17, a área de drenagem abrange diversos canais, porém, trechos de análise foram restritos ao canal principal ou nos afluentes próximos. Isso se deve pelo fato de que, ampla área da bacia hidrográfica apresenta uso predominantemente rural e, portanto, não condizente à aplicação do PARU. Assim, optou-se pela avaliação em locais com maior urbanização, visto que o objetivo é entender a influência da ação humana nos rios.

Os lugares demarcados para análise foram estipulados de montante a jusante e observa-se que do ponto 16 até o ponto 21 estão em áreas recentemente urbanizadas, ou seja, novos loteamentos do município, sendo os pontos 17, 19 e 20 afluentes que deságuam no canal principal. Já do ponto 22 até o ponto 28, todos estão em áreas com urbanização mais densa, inclusive, em alguns locais a área de preservação permanente não foi respeitada, tendo residências nas margens dos

canais. Aqui, os pontos 24 e 28 são caracterizados por ser afluentes diretos do canal principal do lajeado São José.

Figura 17 - Pontos coletados na Bacia Hidrográfica do Lajeado São José



Fonte: Organizado por Farias e Zamboni (2023)

Como pode ser visualizado na figura 17, a quantidade de locais analisados nesta bacia foi de treze trechos, pois esta bacia hidrográfica apresenta maior extensão em seu curso e também abrange uma área maior de drenagem na cidade. Destes pontos, dez foram considerados com resultado “Bom” (pontos 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 25 e 26), os primeiros localizados em áreas menos urbanizadas. Por se tratar de loteamentos recentes, tiveram suas áreas de preservação respeitadas, sendo assim, mantém maior naturalidade, conforme podemos visualizar na figura 18A. Em alguns desses pontos, foi observada erosão acentuada nas margens, mas por ter sido avaliado em uma semana de chuvas, estavam apresentando erosão pelo fluxo e volume de água ter aumentado (pontos 18 e 21). Já o ponto 23, apresentou uma quantidade de lixo sólido no próprio canal, trecho esse marcado por ser uma área de ocupação irregular da cidade. O restante dos pontos considerados “Bom”, apresentaram apenas algum tipo de canalização na rua e a ocupação das margens é, prioritariamente, de vegetação de maior densidade.

Os pontos 24 e 27, tiveram a pontuação caracterizada como “Regular”, sendo o ponto 24 um afluente de pequeno porte, que está localizado às margens de uma rua, com casas praticamente em cima de seu leito (figura 18B). Além disso, apresentou lixo sólido excessivo em seu canal e margens, erosão das margens, presença de canos de esgoto que saem das residências, deixando assim, sua pontuação bem baixa em comparação aos outros trechos analisados até então. Já o ponto 27, canal principal do lajeado São José, apresentou residências nas margens do canal, retilinearização de uma das margens, presença de odor e canalização de drenagem que chega ao canal apresentando oleosidade na água (figura 18C).

Referente ao ponto 28, este que se localiza em um afluente, apresentou diversos aspectos que fizeram com que sua pontuação na análise fosse tão baixa, considerado como “Ruim”. Neste caso, o mesmo apresentou canalizações recentes, odor, espuma na água, alteração de fluxo, sedimentação no fundo do canal e margens alteradas devido a ação antrópica no local (figura 18D). Além disso, está em meio a residências e indústrias, ou seja, sem vegetação presente nas margens. As análises nesta bacia hidrográfica também aconteceram até o limite da macrozona urbana do município, onde não era mais possível o acesso aos locais devido ao relevo da cidade.

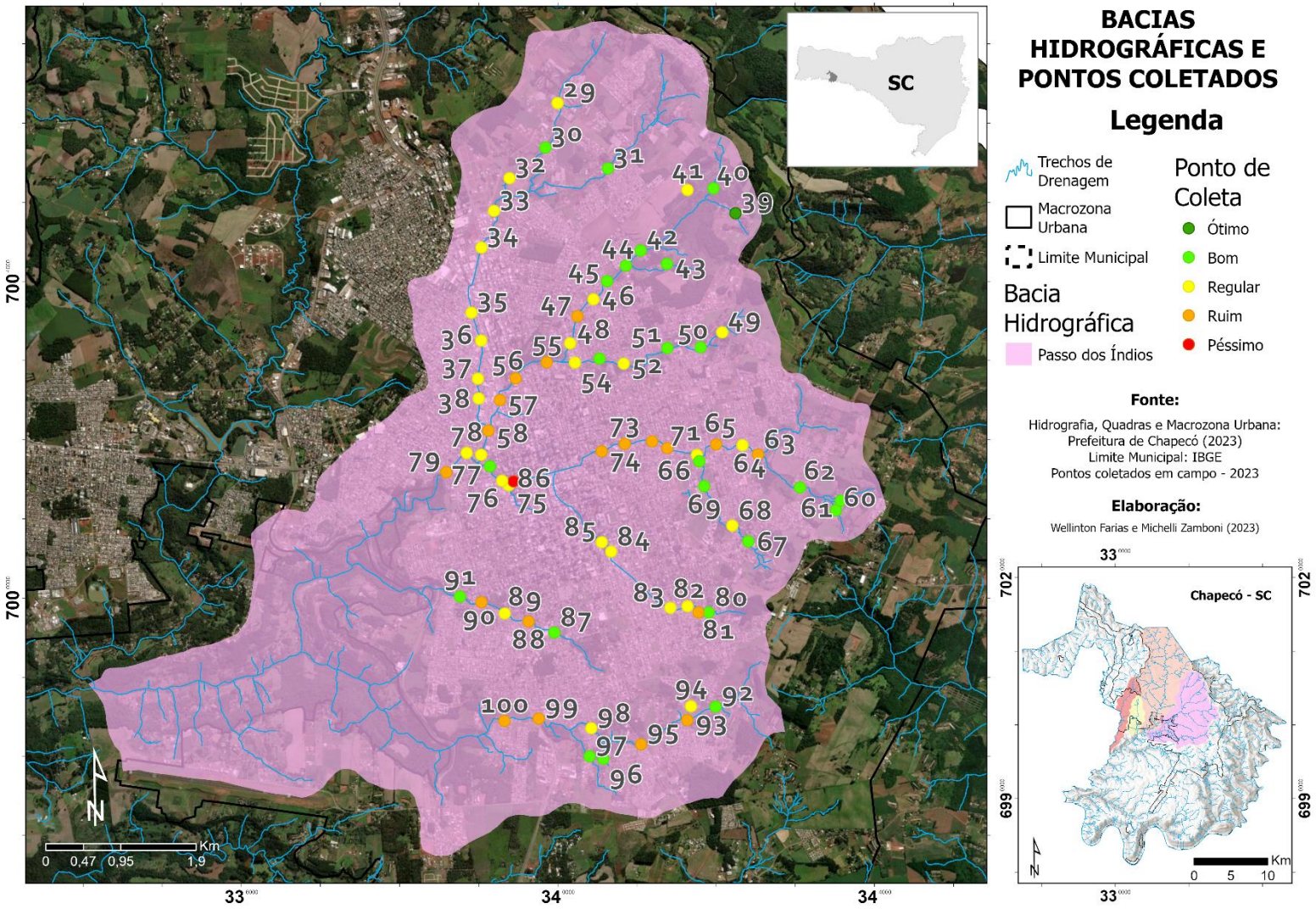
Figura 18 - Fotografias de alguns pontos de coleta no Lajeado São José

Fonte: Organizado pela autora (2023)

5.3.4 Bacia Hidrográfica Lajeado Passo dos Índios

A bacia hidrográfica do lajeado Passo dos Índios é a maior bacia hidrográfica urbana da cidade, abrangendo cerca de 43% da área total do município de Chapecó/SC. Sendo assim, faz parte da mesma, diversos canais d'água que estão localizados em meio a crescente urbanização da cidade. Para a análise dos pontos desta bacia, foi necessário dividir por canais, todos analisados de montante a jusante, chegando também, até o limite da área urbana de Chapecó. Foram avaliados nesta bacia hidrográfica setenta e um pontos, um número bastante elevado, devido a presença de diversos canais urbanos, conforme mostra a figura 19. Alguns locais da cidade apresentam canalização completa do canal, portanto, a escolha dos lugares se deu prioritariamente pela possibilidade de acesso e visualização para a aplicação do protocolo.

Figura 19 - Pontos coletados na Bacia Hidrográfica do Lajeado Passo dos Índios



Fonte: Organizado por Farias e Zamboni (2023)

Neste item foi necessário dividir a análise em cursos d'água específicos. Sendo assim, do ponto 29 até o ponto 38 temos o afluente chamado sanga Bela Vista, que também recebe afluentes e que no fim, deságuam no curso principal do lajeado Passo dos Índios. Então, nesta avaliação, foram observados apenas dois pontos caracterizados como "Bom" (ponto 30 e ponto 31 que é localizado em um afluente) e que receberam uma pontuação melhor pois apresentam margens com presença de vegetação, com residências mais distantes do canal (figura 20A). O restante dos trechos analisados neste canal e seus afluentes, foram considerados como "Regular" (ponto 29, ponto 32 que é um afluente, pontos 33, 34, 35, 36, 37 e 38). Neste caso, apresentaram em suas avaliações margens com erosão (pontos 32, 35 e 38, a exemplo na figura 20B) , falta de vegetação nas margens (pontos 29, 32 e 35), ocupação e usos do solo prioritariamente de residências e indústrias/comércios como pode ser observado na figura 20C (pontos 34, 35, 36, 37 e 38), lixos no canal e nas margens (ponto 36), assoreamento no canal (pontos 33 e 36, figura 20D) , além de alguns locais com odor característico de esgoto e oleosidade na água (pontos 33, 34, 35 e 36). Desta forma, esses pontos apresentam suas características individuais, mas receberam pontuação menor e não podem ser considerados naturais, pois apresentaram problemas relacionados à urbanização.

Figura 20 - Fotografias dos pontos de coleta na Sanga Bela Vista

Fonte: Organizado pela autora (2023)

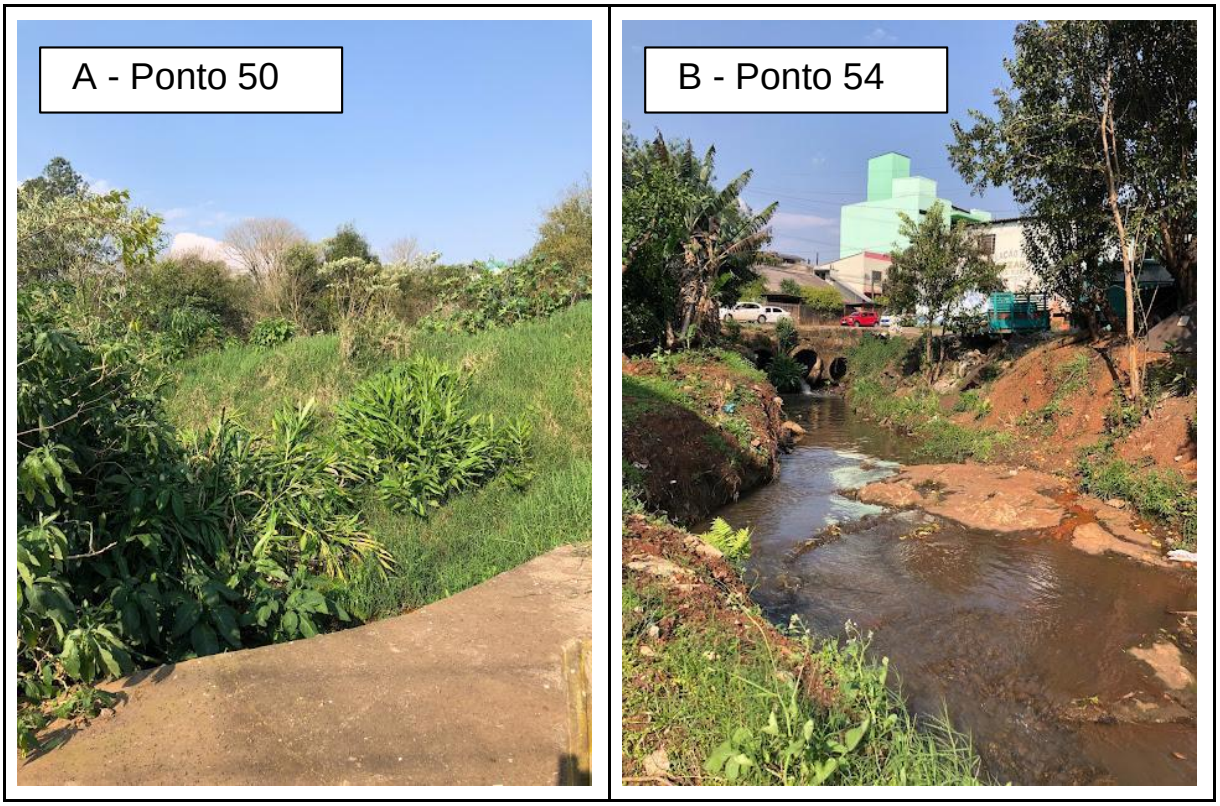
Dos outros canais que fazem parte desta bacia hidrográfica, um deles é o lajeado Passo dos Fortes, avaliação realizada do ponto 39 até o ponto 48. Aqui, os pontos 39, 41 e 43 estão localizados em afluentes e o restante está no curso principal. Referente aos resultados obtidos, o ponto 39 apresentou avaliação “Ótimo”, pois apresentou aspectos mais naturais, sem grande influência da urbanização, pois se trata de um trecho localizado em área mais distante da cidade (figura 21A). Os trechos números 40, 42, 43, 44 e 45 apresentaram resultado “Bom”, são de locais marcados por menor atuação de modificações antrópicas, conforme pode ser observado na figura 21B. Aqui, não houve a visualização de muitos lugares com problemas ligados à urbanização e as margens não apresentaram ocupações com construções nas proximidades, apenas apresentaram canalização no trecho da rua. Já os pontos 46 e 48 resultaram na classificação “Regular”, pois apresentaram alterações mais intensas em seu curso d’água, como assoreamento, presença de lixo sólido nas margens, odor e canos de esgoto, além de oleosidade na água e forte erosão em alguns trechos das margens (figura 21C). Além destes, verificou-se um ponto considerado como “Ruim”, com pontuação mais baixa (ponto 47), neste caso, marcado principalmente pela presença de grande erosão das margens, trecho localizado em meio a residências, com presença de forte odor e canos saindo das casas em direção ao canal, indicativo da presença de esgoto (figura 21D). Também foi possível visualizar neste local, a presença de muito lixo e vegetação morta no canal, que estavam presos na canalização deste trecho.

Figura 21 - Fotografias dos pontos de coleta no Lajeado Passo dos Fortes

Fonte: Organizado pela autora (2023)

Um dos afluentes que chega até o lajeado Passo dos Fortes é a sanga Iracema, onde foi levantando os pontos de análise do número 49 até o ponto 54. Aqui, três pontos foram considerados com resultado “Bom” (pontos 50, 51 e ponto 53), apresentando características específicas, mas em geral, são trechos com menor alteração da urbanização. Suas margens são ocupadas prioritariamente por vegetação, sem erosão acentuada, sedimentação de fundo em pouca quantidade, ou seja, os indícios de alterações são menores (figura 22A). Já os pontos 49, 52 e 54, apresentaram resultado “Regular”, a exemplo da figura 22B. Estes locais então, apresentaram uma modificação mais acentuada, com presença de lixos sólidos nas margens e no canal (ponto 54), pouca vegetação nas margens (pontos 49 e 54), ocupação prioritariamente de casas (pontos 49, 52 e 54). Foi observado também intenso assoreamento (ponto 52), oleosidade (ponto 54) e forte odor em alguns trechos do curso do rio.

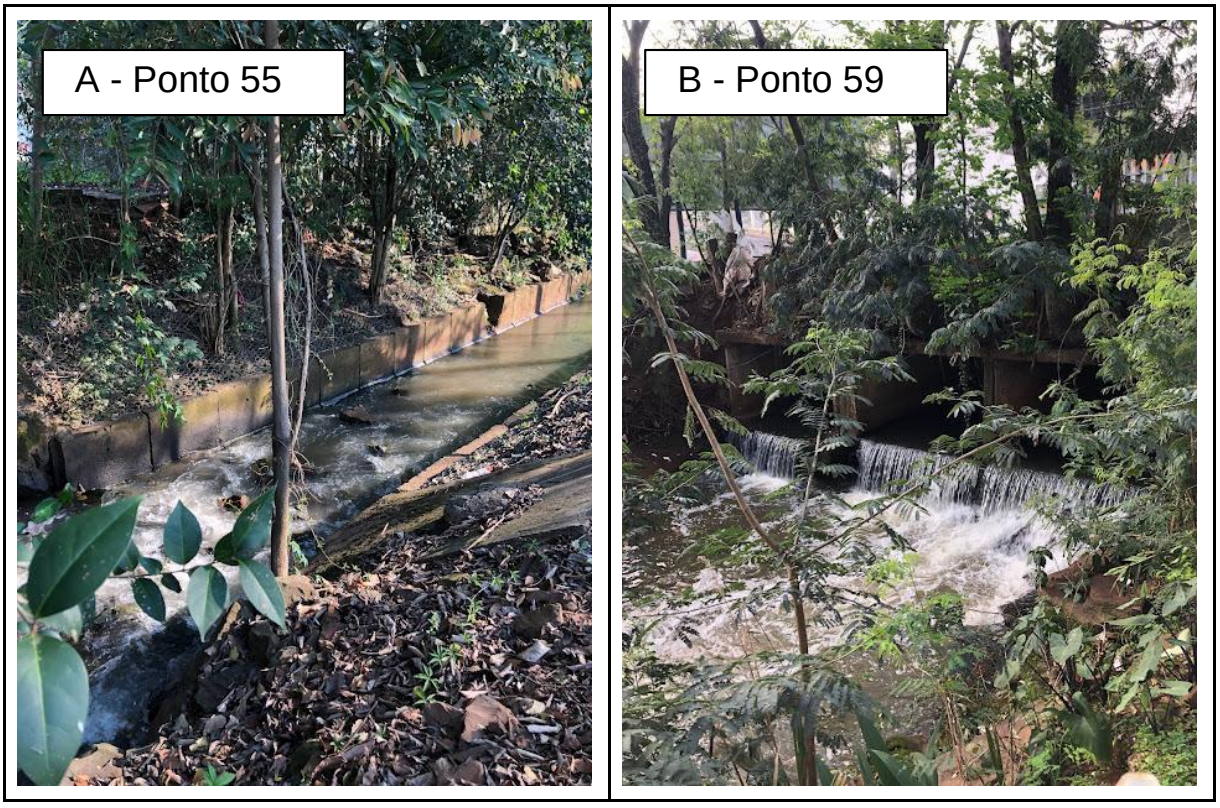
Figura 22 - Fotografias dos pontos de coleta na Sanga Iracema



Fonte: Organizado pela autora (2023)

A jusante do ponto 54, a sanga Iracema encontra-se com o lajeado Passo dos Fortes, portanto, do ponto 55 até o ponto 59 voltamos a analisar e avaliar o próprio lajeado Passo dos Fortes. O trecho que abrange estes pontos é uma das áreas mais urbanizadas da cidade. O resultado obtido pela avaliação nos pontos 55 até o 58 foi caracterizado como “Ruim”, isso, por apresentarem diversos tipos de intervenções humanas e as consequências disto (figura 23A). Podemos citar aqui, grandes canalizações, retificação das margens, alguns locais o fundo do canal cimentado (ponto 58), além disso, pouquíssima ou nada de vegetação nas margens, ausência de habitats e animais nestes locais. Muitos canos que chegam ao canal e odor característico de esgoto. O ponto 59 (figura 23B), por apresentar menos intervenções antrópicas, teve como o resultado “Regular”. Neste trecho foi possível avaliar que as margens apresentam instabilidade nos locais onde recebe água com maior força (saída de água das galerias), as margens estão expostas e com pouca vegetação. O local tem grande fluxo de água, portanto, não se observou assoreamento ou sedimentação no fundo do rio. Além disso, o local tem menor movimento urbano e assim apresentou alguns animais (aves) nas margens.

Figura 23 - Fotografias dos pontos de coleta no Lajeado Passo dos Fortes - continuação



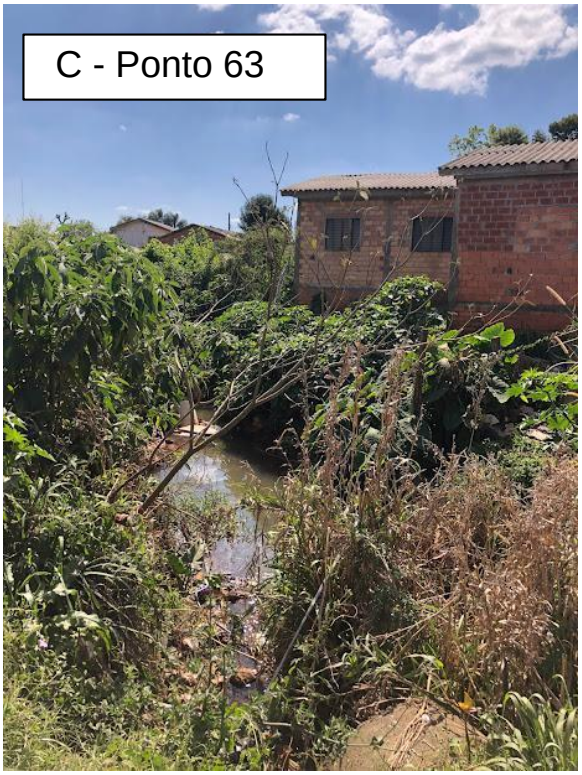
Fonte: Organizado pela autora (2023)

As avaliações iniciadas a partir do ponto 60 foram realizadas em afluentes e no próprio lajeado Passo dos Índios. Neste canal, os pontos foram distribuídos e analisados de montante a jusante, tendo encontro de vários afluentes, sendo considerado o rio principal desta bacia hidrográfica. Do ponto 60 (afluente) até o ponto 62 o resultado encontrado pela aplicação do protocolo foi considerado “Bom”, pois estão em áreas com baixa urbanização, com aspectos mais naturais, com a presença de vegetação, pouca intervenção humana, margens estáveis e as ocupações próximas são residências isoladas (a exemplo figura 24A). Considerados como “Regular” estão os trechos 64 e o 66 (figura 24B). Como “Ruim” foram classificados os pontos 63 e 65, onde foi observado a presença de muito lixo nas margens e no próprio canal (ponto 63, figura 24C) e assoreamento intenso (ponto 65, figura 24D) em canal totalmente retinilizado.

Figura 24 - Fotografias dos pontos de coleta no Lajeado Passo dos Índios e afluentes (Parte 1)

(contínua)

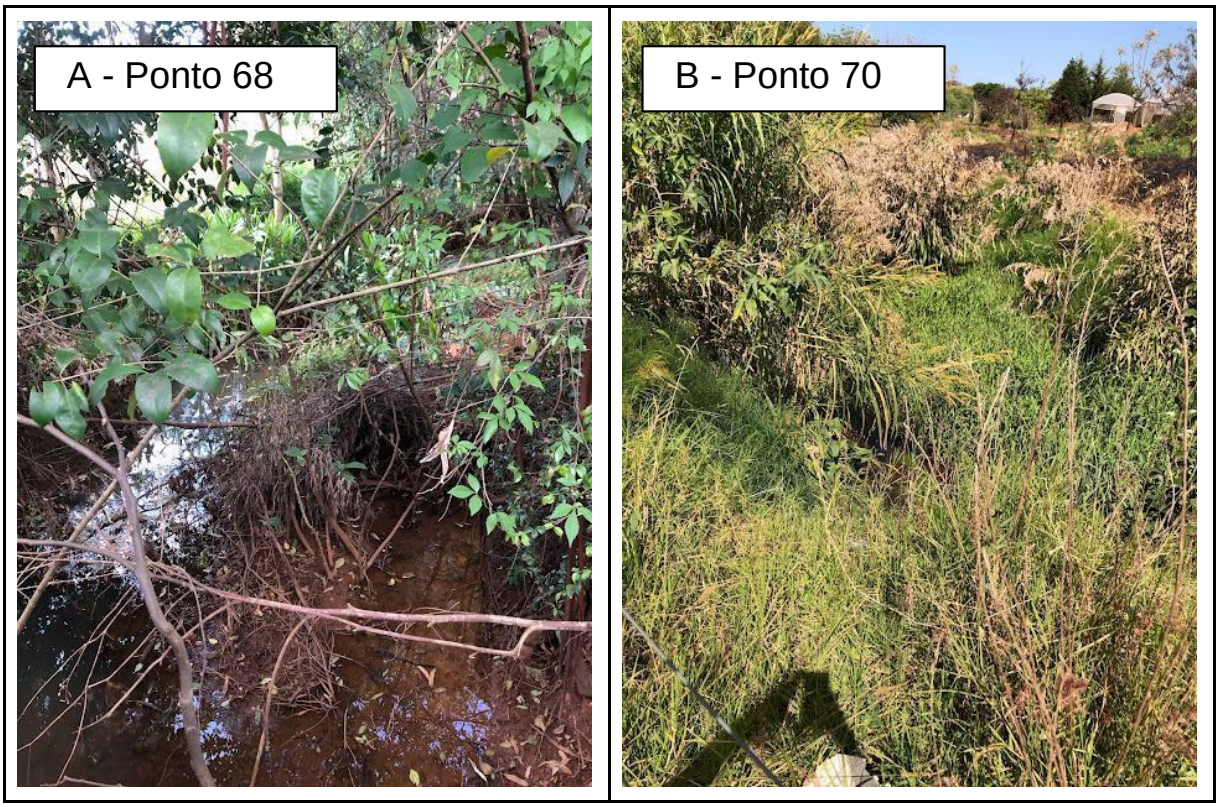
(conclusão)



Fonte: Organizado pela autora (2023)

A jusante do último ponto comentado, o número 66, temos o encontro de um afluente, que foi analisado iniciando no ponto 67 até o número 70. Destes trechos observados, somente o ponto 68 (figura 25A) resultou como “Regular”, e os outros como “Bom”, resultados esses decorrentes principalmente dos usos e ocupações do solo nas proximidades, pois se apresentaram como mais preservados, com uma vegetação mais densa, margens estáveis sem evidências de erosão (exceto ponto 68, que apresentou erosão próxima a canalização) e presença de habitats e animais em grande quantidade no canal, podendo ser observado um exemplo na figura 25B.

Figura 25 - Fotografias dos pontos de coleta no Lajeado Passo dos Índios e afluentes (Parte 2)



Fonte: Organizado pela autora (2023)

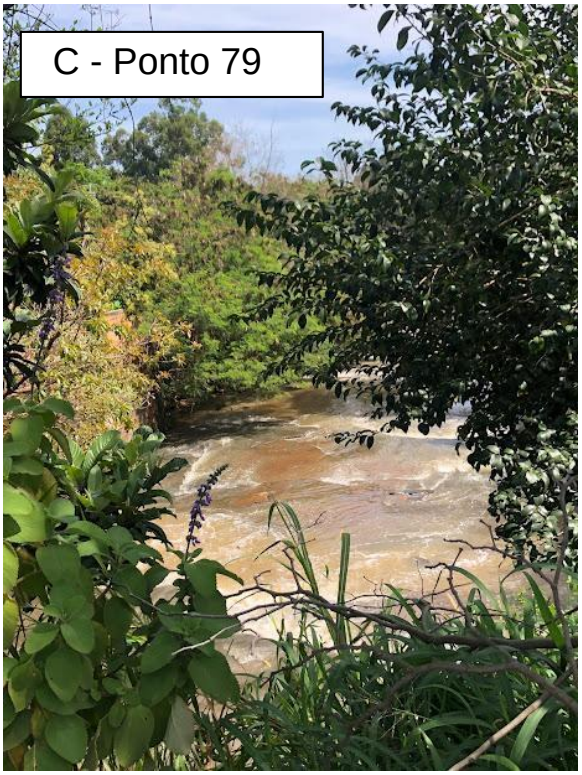
Do ponto 71 ao ponto 79 voltamos a analisar o curso principal do lajeado Passo dos Índios, pontos estes, localizados na área central da cidade. Trata-se, portanto, de trechos apresentando intensa urbanização, usos e ocupações do solo prioritariamente por uso comercial, industrial e residencial, e também, com grandes intervenções antrópicas como canalização total de extensos trechos do rio. Destes locais apenas o trecho 77 apresentou resultado “Bom”, lugar este com grande fluxo de água e que apresenta margens estáveis e presença de maior densidade de vegetação, o que aumentou a pontuação deste local. Já o ponto 76 (figura 26A) e o ponto 78 resultaram “Regular”, isso devido à antropização em suas margens, presença de canalizações. No entanto, foram considerados regulares, pois tem baixa sedimentação, bom fluxo de água, presença de habitats e vegetação nas margens. A classificação “Ruim” foi encontrada nos trechos 71, 72, 73, 74 e 79, locais com a presença de grandes alterações no canal, como galerias (ponto 72), retilinearização das margens (pontos 74, representado pela figura 26B e também o ponto 76), presença de muito lixo nas margens e no canal (ponto 73), foi observado também muitos canos saindo das

residências e despejando esgoto no canal, além disso, forte odor nos pontos/trechos. Até o ponto de número 74 existem diversos locais no rio que estão entre residências, alguns totalmente canalizados, outros com trechos abertos. Alguns locais apresentaram espuma na água (pontos 73 e 76). Em outros existem grandes bancos de sedimentos e forte erosão das margens (ponto 78), portanto, resultando em pontuações que qualificam esses trechos como ruins. Já o ponto 79 (figura 26C), que fica localizado próximo ao limite da macrozona urbana da cidade, o canal aumenta muito de largura, pois está recebendo diversos afluentes. Aqui foi observado que uma das margens é retinilizada com o muro de casas, há presença de muito lixo (resíduos urbanos) nas margens e o canal apresenta grandes galerias para suportar o fluxo de água intenso, desta forma, seu resultado foi classificado como “Ruim”. Além disso, no decorrer deste lajeado, um trecho foi considerado “Péssimo” (ponto 75, figura 26D), recebendo a menor pontuação encontrada nesta pesquisa, fato decorrente de se encontrar totalmente canalizado, ou seja, com intensa intervenção humana em seu curso.

Figura 26 - Fotografias dos pontos de coleta no Lajeado Passo dos Índios

(contínua)

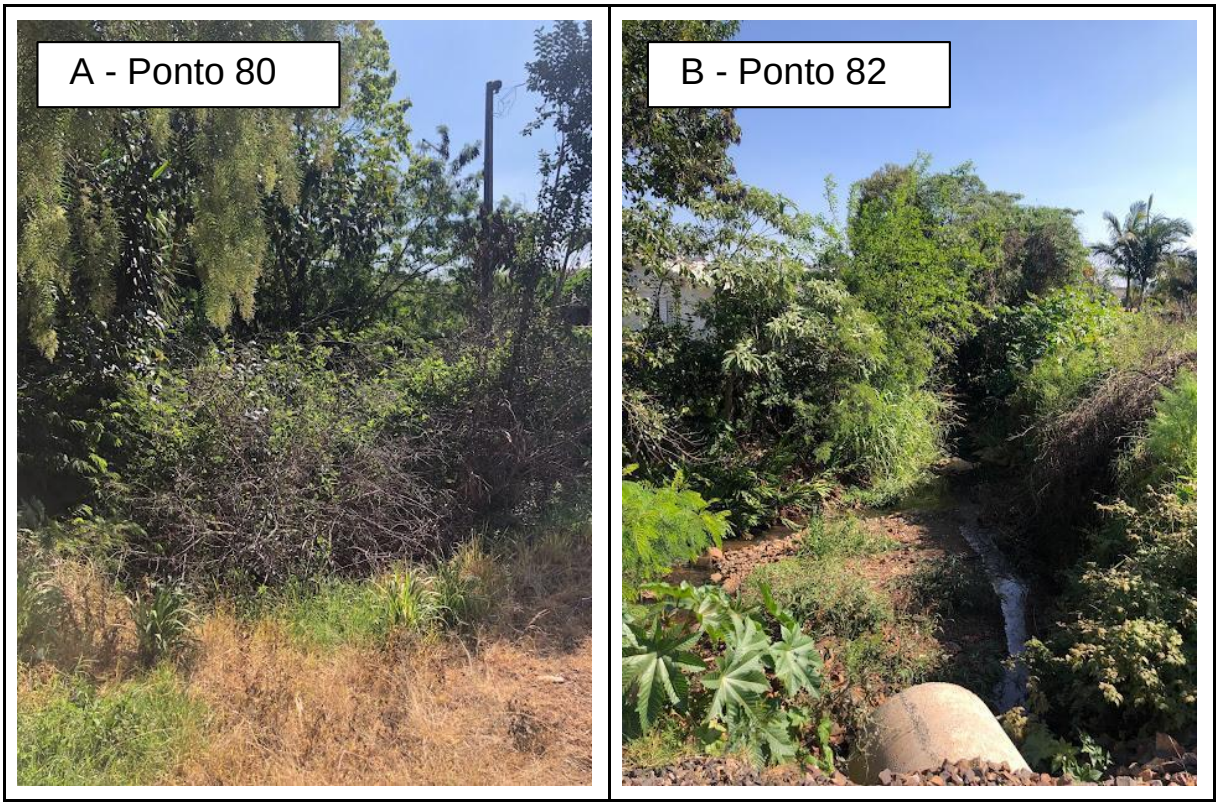
(conclusão)



Fonte: Organizado pela autora (2023)

Na sequência dos canais desta bacia hidrográfica, a análise realizada do ponto 80 até o ponto 86 ocorre no lajeado Santa Maria. Este lajeado, assim como o analisado anteriormente, apresenta diversas partes totalmente canalizados, portanto, não foi possível analisar amplos trechos neste canal. Dos pontos avaliados com o PARU, o ponto 80 recebe classificação “Bom”, porque se encontra mais próximo a nascente e apresenta menor urbanização no local, está em meio a residências, mas está mais preservado (figura 27A). Do ponto 82 até o ponto 86 o resultado classificatório ficou como “Regular”. Estes trechos apresentam antropização, porém, em menor intensidade, apresentando alguns aspectos naturais, que condicionam a se apresentarem menos alterados, a exemplo da figura 27B. Já o ponto 81 teve uma pontuação menor, sendo classificado como “Ruim”, pois apresentou várias canalizações e intenso assoreamento do canal.

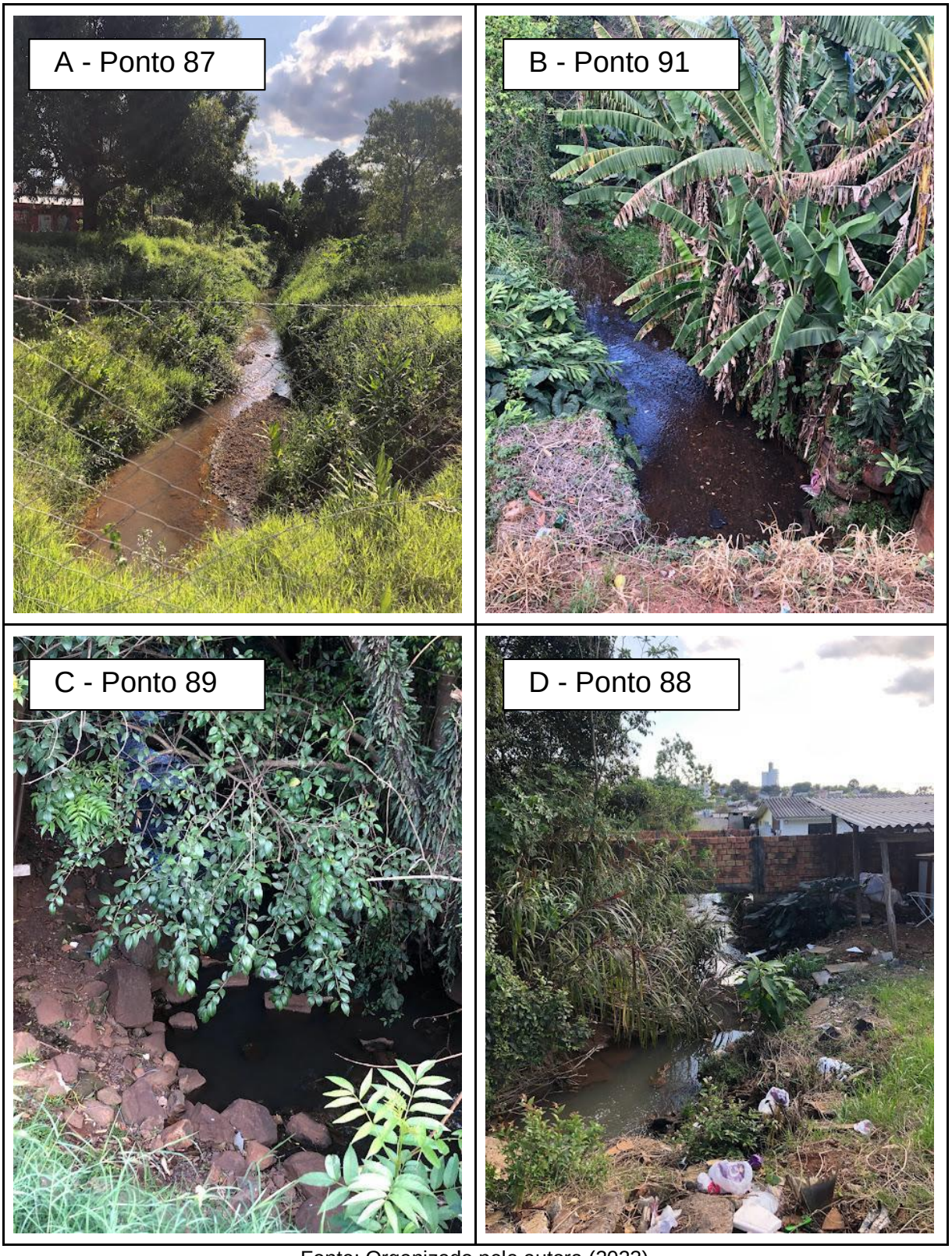
Figura 27 - Fotografias dos pontos de coleta no Lajeado Santa Maria



Fonte: Organizado pela autora (2023)

O lajeado Santo Antônio tem sua nascente em meio às residências na cidade e segue a jusante encontrando o curso principal do lajeado Passo dos Índios. Este curso foi analisado entre o ponto 87 e o ponto 91, que chega próximo ao limite da área urbana da cidade. O ponto 87, mais próximo a nascente, foi o primeiro trecho aberto possível de visualizar, apresentou maior naturalidade, com resultado “Bom” (figura 28A). O ponto 91 também apresentou classificação “Bom”, trecho este, localizado mais próximo do limite da área urbana. Encontra-se em meio a residências, mas não apresentou intervenções antrópicas que alterem o fluxo ou modifiquem a dinâmica natural (figura 28B). Como “Regular”, neste canal, somente o ponto 89 recebeu essa classificação, pois o mesmo apresentou vegetação e margens estáveis, mas é um ponto com residências, esgoto e muito lixo nas margens (Figura 28C). Já os pontos de número 88 e ponto 90 foram classificados “Ruim”, por se constatar margens retinilizadas, construções praticamente sobre o canal, lixo em grande quantidade (ponto 88, figura 28D), intensa sedimentação, assoreamento, oleosidade na água e odor de esgoto.

Figura 28 - Fotografias dos pontos de coleta no Lajeado Santo Antônio

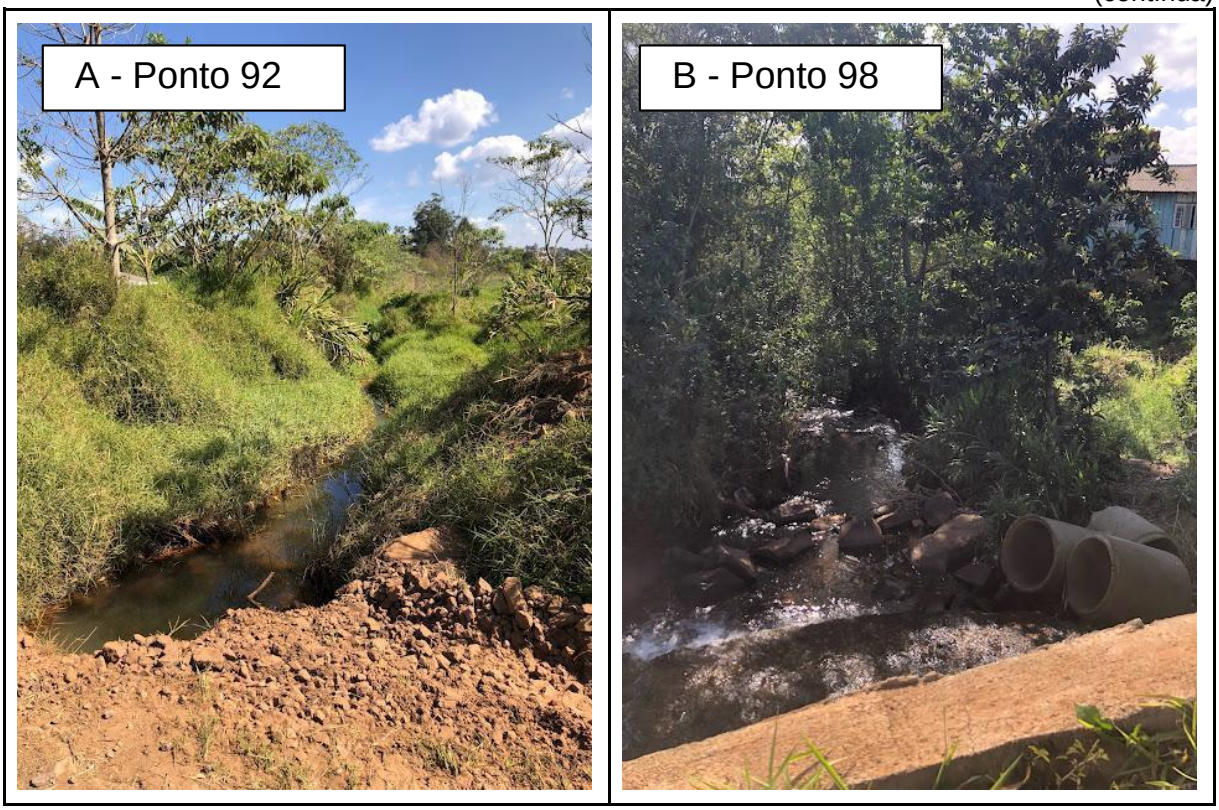


Fonte: Organizado pela autora (2023)

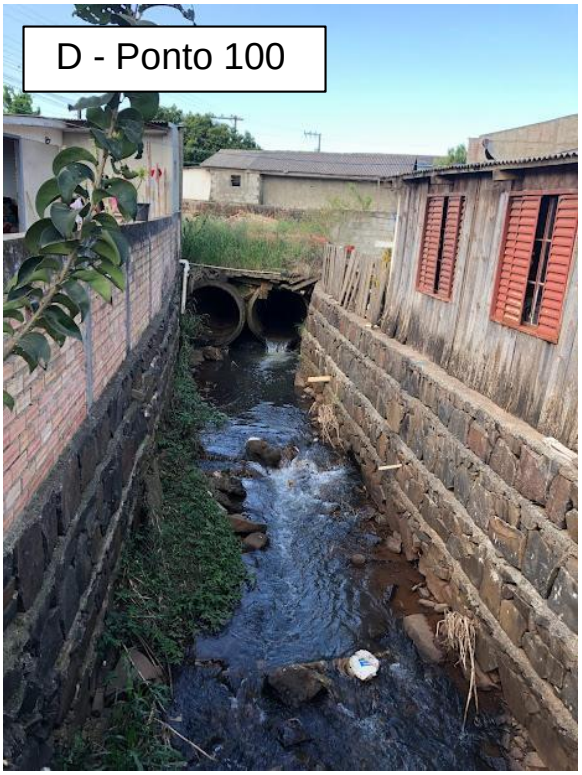
Por fim, o último canal onde foi aplicado o PARU, é conhecido como lajeado Palmital. Foram analisados nove pontos neste canal que são numerados do 92 até o ponto 100. Destes, três foram considerados como “Bom” (pontos 92, 96 e 97). O ponto 92 foi o mais próximo da nascente e apresentou características mais naturais (figura 29A). Já os pontos 96 e 97 são afluentes, localizados em pequenos canais d’água, não mostraram intervenções ou alterações em seus canais. Os trechos 94 e 98 apresentam resultado “Regular", tendo canalizações, alterações nas margens, erosão e esgoto no canal, a exemplo da figura 29B. Já nos pontos considerados como “Ruim” (ponto 93, ponto 95, pontos 99 e 100), se observou uma intensa alteração, como por exemplo o ponto 93 (figura 29C), que está em um trecho de novo loteamento, está totalmente modificado pela ação de máquinas que alteraram as margens, com intensa sedimentação no canal. Já o trecho 95 apresentou oleosidade, esgoto e muito lixo nas margens. O ponto 99 e o ponto 100 apresentaram intensa intervenção humana, retinilização ou erosão das margens, cheiro muito forte de esgoto, canos saindo das residências desaguando no canal, pouca vegetação e presença de lixo nas margens (exemplo na figura 29D).

Figura 29 - Fotografias dos pontos de coleta no Lajeado Palmital

(contínua)



(conclusão)

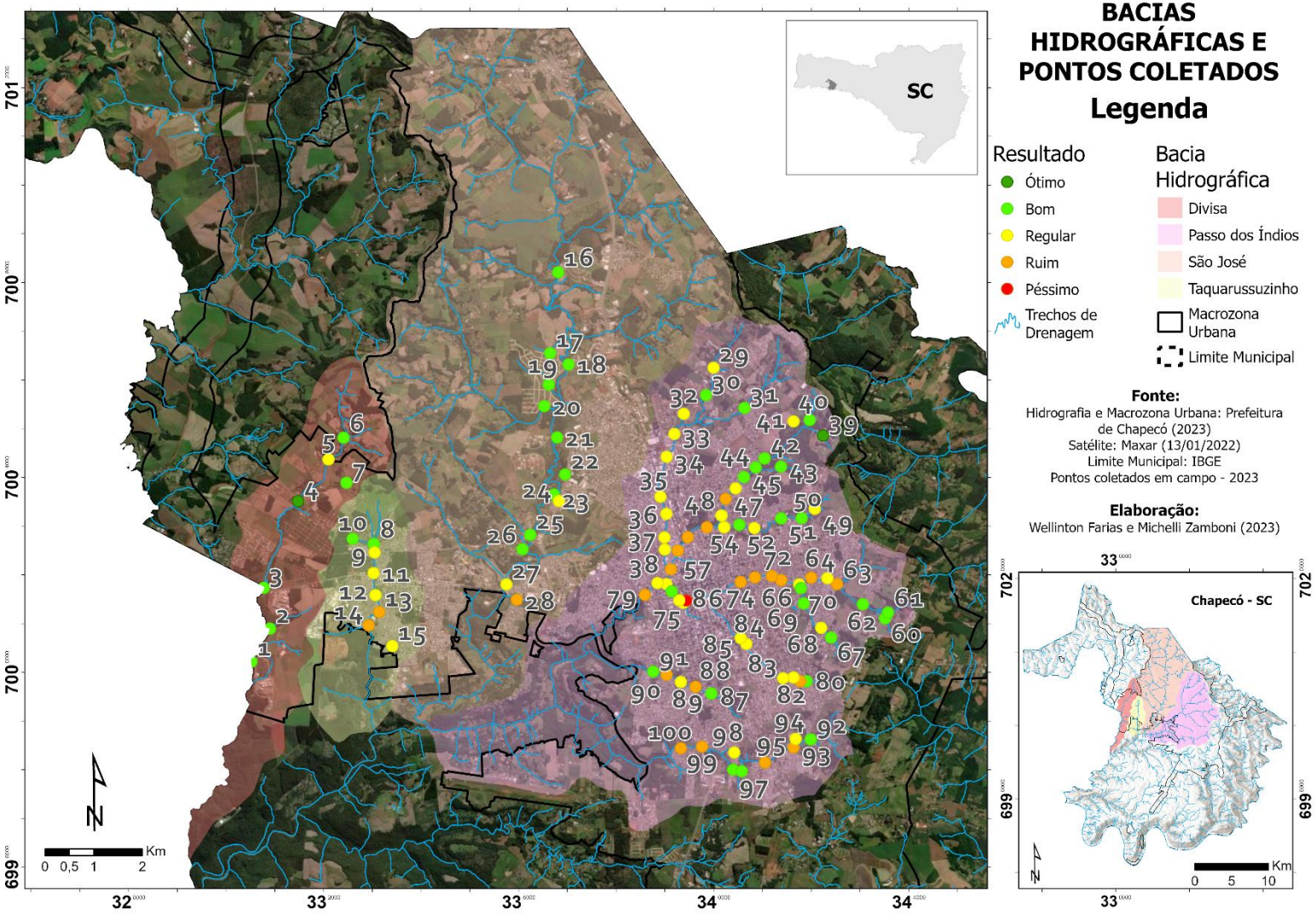


Fonte: Organizado pela autora (2023)

5.3 RESULTADO GERAL

De forma geral, as questões levantadas neste protocolo são ligadas à presença ou não de atividades antrópicas, sejam diretas ou indiretas. Neste caso é importante considerar o impacto das atividades humanas na estrutura do rio e desenvolver estratégias de manejo sustentável para minimizar esses impactos e proteger o ecossistema fluvial e as comunidades que dependem dele. Como resultado final deste trabalho produziu-se a figura 30, dando um panorama geral do PARU em relação às bacias hidrográficas, seus cursos d'água e a urbanização da cidade.

Figura 30 - Bacias Hidrográficas Urbanas e pontos de coleta com resultados



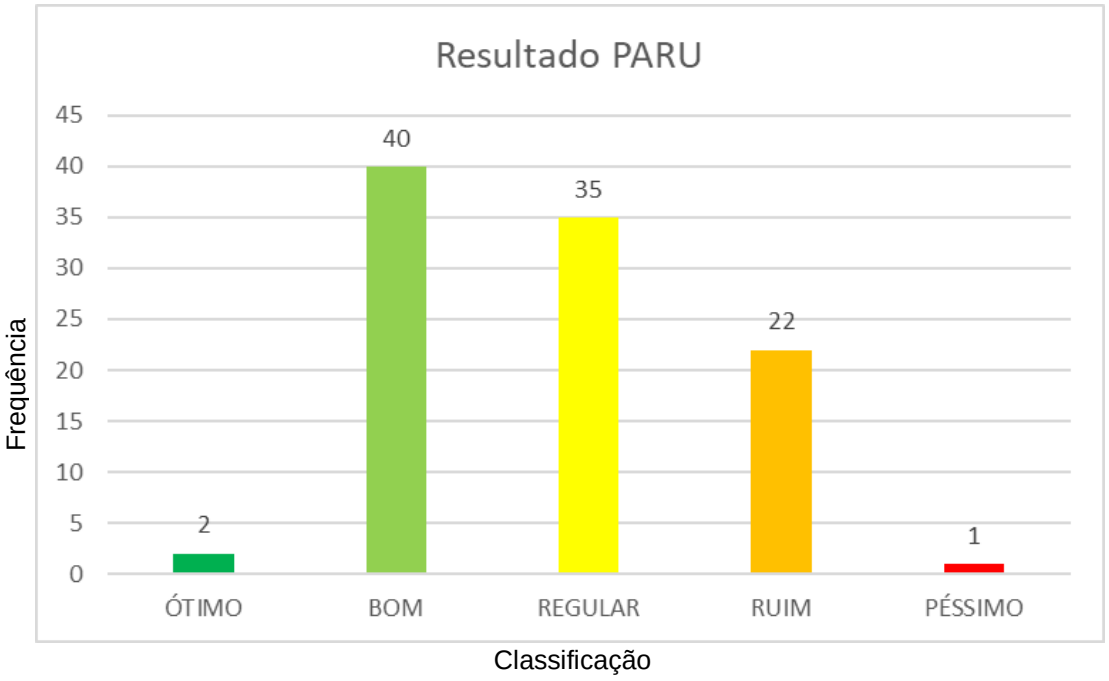
Fonte: Organizado por Farias e Zamboni (2023)

Essa figura oferece uma ampla visão de como se encontram os rios urbanos na cidade de Chapecó/SC. E, como pode ser observado, os trechos apresentaram resultados distintos, que dependem do contexto em que se inserem dentro da área urbana. A figura 30 apresenta o resultado por classes e frequência. As análises de cada trecho foram realizadas levando em consideração que os locais apresentam particularidades. Segundo Campos (2020) a condição ideal dos canais urbanos para cumprir suas funções no ecossistema deve ser observada entendendo que a sua dinâmica deverá apresentar poucas modificações.

Os resultados obtidos mostram que existe um declínio na qualidade geral dos rios nas áreas com maior urbanização. Isso é observável, por exemplo, quando se comparam os pontos próximos à área central ou imediatas com aqueles mais afastados. Os locais onde os resultados Ótimo ou Bom foram encontrados apresentaram-se sempre próximo às nascentes ou em trechos com menor antropização, fora da malha urbana ou onde a urbanização é incipiente, como próximo a novos loteamentos. Já os resultados Regular, Ruim e Péssimo foram observados nas áreas centrais da cidade, bairros com intensa densificação urbana, onde os canais fluviais são intensamente modificados para dar espaço às vias, residências, comércio e indústrias da cidade.

Dos pontos avaliados nas bacias hidrográficas urbanas do município, os resultados obtidos estão no Gráfico 1, sendo 2 pontos como Ótimo e 40 pontos definidos como Bom. Já a classificação Regular foi obtida em 35 pontos, Ruim foram 22 pontos e Péssimo em apenas 1 ponto, totalizando assim o resultado para os 100 pontos da pesquisa.

Gráfico 1 - Resultados obtidos com a aplicação do PARU em Chapecó/SC



Fonte: Autora (2023)

Os resultados apresentados no gráfico mostram que na cidade ainda há uma possibilidade de revitalização, isso mediante a maioria dos pontos terem sido avaliados como “Bom”. A rede de drenagem do município tem grande potencial para conservação e assim evitar a degradação dos cursos d’água. Os principais problemas visualizados e que rebaixaram as pontuações na aplicação do protocolo estão fortemente ligados a ações antrópicas como: grandes obras de canalizações ou retinilizações, deixando assim o canal quase todo modificado; presença de muitos resíduos domésticos nas margens e dentro dos canais; ausência ou pouca vegetação nas margens; presença de canos de esgoto doméstico em muitos pontos observados e os usos e ocupações do solo nas proximidades dos canais ser de residências, comércios e industriais.

O crescimento de Chapecó ao longo do tempo contribuiu para que a intensificação urbana em diferentes bacias hidrográficas resultasse em alterações diretas ou indiretas, que têm promovido a modificação dos rios e também a perda da qualidade das águas superficiais no município (Binda; Fritzen, 2013). Além disso, na paisagem do passado da cidade os canais eram destinados para o escoamento do que não servia mais para a população, fato esse, que pode ser observado devido ao alto número de canalizações que tentam ocultar os rios da paisagem urbana. Porém,

os elementos naturais não podem ser excluídos o tempo todo, eles permanecem vivos nas cidades, mostrando sua força, como por exemplo em dias de fortes chuvas, causando alagamentos, enchentes e inundações (Passos, *et. al*, 2018). Em um contexto atual de mudanças climáticas, riscos socioambientais cada vez mais frequentes e o aumento da urbanização é importante que exista ações que contemplem da melhor forma possível a rede de drenagem nas áreas urbanas e periurbanas.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O processo de expansão urbana em Chapecó aconteceu de forma intensa nos últimos anos e acabou contribuindo para diversas modificações no sistema fluvial da cidade. A problemática ligada aos rios na cidade se dá principalmente por conta dos casos de enchentes, alagamentos e inundações em diversos pontos urbanos. Isso acontece justamente por conta da má gestão dos recursos hídricos e também pelas modificações realizadas nos canais. Segundo Binda (2015), quando alguns pontos da rede de drenagem da cidade de Chapecó começaram a se apresentar como problemas crônicos de casos de inundação, obras de canalização foram implementadas, obras estas que nem sempre solucionam o problema. Na verdade, muitas vezes ocasionam efeito contrário, alterando os rios urbanos intensamente.

Neste trabalho a aplicação do PARU adaptado demonstrou eficiência na avaliação dos rios urbanos de Chapecó, classificando cada ponto levantado, o que permite o diagnóstico da situação atual, tanto local, como geral no contexto das bacias hidrográficas urbanas. Essas informações são fundamentais para o planejamento de melhorias e para a tomada de decisões em relação aos problemas encontrados no sistema fluvial e seu ecossistema.

O estudo destas variáveis que compõem o sistema fluvial permite um diagnóstico da qualidade ambiental a partir da influência da ocupação urbana, o que mostrou intensa poluição e ocupação do solo irregulares, moradias e comércio na maior parte dos canais analisados. Segundo Castaman (p. 74, 2014) “o uso inadequado do solo destas áreas com o aumento da concentração de residências e estabelecimentos potencialmente poluidores aceleram o processo de degradação”.

Além disso, os resultados mostraram que os trechos menos degradados localizam-se próximo às nascentes ou nas áreas periurbanas, onde a urbanização é ausente ou incipiente. Já as áreas mais modificadas encontram-se em trechos localizados em bairros centrais e/ou bairros mais antigos na cidade, locais amplamente urbanizados. Diferentemente, em novos loteamentos foi possível observar que atualmente, tem sido respeitada a legislação e às margens dos rios têm sido mantidas as áreas de preservação permanentes.

Tratando-se da análise do protocolo, enquanto limitação, podemos citar que as dificuldades encontradas neste trabalho foram de forma geral, o acesso a alguns trechos, por estarem em lugares particulares (residências, comércios, indústrias), não

possibilitando assim, uma análise mais detalhada da área urbana da cidade. Em contrapartida, como ferramenta de monitoramento ambiental, o protocolo mostrou-se muito bom para a classificação do grau de preservação ou degradação dos locais analisados. Outro aspecto relevante é que o PARU apresentou a vantagem de ser acessível economicamente e cognitivamente, pois não necessita de equipamentos sofisticados e onerosos (Campos; Nucci, 2021).

Esta pesquisa pode auxiliar nos processos de restauração/renaturalização de habitats, na redução do uso inadequado de água, na construção de estruturas de engenharia sustentáveis, como estabilização de margens, e na implementação de práticas de gestão de bacias hidrográficas integradas.

Além disso, o presente trabalho demonstrou que os cursos d'água apresentam modificações decorrentes da urbanização. Mesmo que o maior número de pontos tenha sido classificado como bom, é evidente a perda da qualidade quanto maior a densificação urbana o que coloca a necessidade de se avaliar esse aspecto. Para isso, possíveis melhorias para evitar a piora nos estados de degradação dos rios urbanos devem ser analisadas em conjunto com a gestão pública municipal. Desta forma, é necessário que o planejamento urbano considere as bacias hidrográficas e seus rios. Entende-se que as áreas já consolidadas apresentam dificuldades maiores quando se considera a dinâmica da água nas cidades. Nas áreas urbanas é comum sempre esperar o problema aparecer para depois então, analisar o que será feito.

Segundo Botelho e Silva (2010, p.180) "as medidas curativas se sobrepõem e muito as preventivas". Contudo, o emprego de práticas de manejo da drenagem urbana sustentável pode colaborar para a melhoria do quadro, antes do que a piora. Gonçalves, Baptista e Ribeiro (2016) dizem que o manejo sustentável das águas tem sido aplicado como forma de reduzir impactos da urbanização como aumentar as taxas de infiltração de água do solo, diminuir a velocidade de escoamento de água superficial, diminuir as vazões de picos, entre outros, de forma a tentar resgatar as formas de antes da urbanização.

Além disso, pode-se incluir locais para renaturalização de rios urbanos, sobretudo, aquelas em áreas de preservação permanente. Neste caso, é necessário que a gestão municipal realize a regularização através do realocamento de famílias que vivem nestes locais e façam o reflorestamento das áreas. Outra análise para melhorias em alguns pontos é o desassoreamento dos canais, através da limpeza com

maquinário, visto que o acúmulo de sedimentos em grande quantidade reduz a capacidade do canal, aumentando o risco de inundações.

REFERÊNCIAS

AB'SÁBER, A. N. Notas sobre a estrutura geológica do Brasil. **Padeia**, [Sorocaba], v. 2, n. 4, p. 117-133, 1955. Disponível em: https://periodicos.uniso.br/paideia/article/view/4743. Acesso em: 8 jan. 2023.

ALONSO, M. T. A. Vegetação. *In*: FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Diretoria Técnica. **Geografia do Brasil**: Região Sul. Rio de Janeiro: SERGRAF do IBGE, 1977. v. 5, p. 81-109.

BALDISSERA, A. D. **A cidade e as águas**: Chapecó e a microbacia do lajeado São José. 2013. Dissertação (Mestrado em Urbanismo, História e Arquitetura da Cidade) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013. Disponível em: https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/123027. Acesso em: 6 jan. 2023.

BARBOZA, E.; CORROTO, F.; SALAS, R.; GAMARRA, O; BALLARÍN, D.; OLLERO,A. Hidrogeomorfología en áreas tropicales: aplicación del índice hidrogeomorfológico (IHG) en el Río Utcubamba (Perú). **Ecología Aplicada**, Lima, Perú, v. 16, n. 1, p. 39-47, enero/jul. 2017. DOI: https://doi.org/10.21704/rea.v16i1.902. Disponível em: https://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/eau/article/view/902/917. Acesso em: 4 jan. 2023.

BERSOT, M. R. O. B.; MENEZES, J. M.; ANDRADE, S. F. Aplicação do Protocolo de Avaliação Rápida de Rios (PAR) na bacia hidrográfica do rio Imbé-RJ. **Ambiência**, [Guarapuava], v. 11, n. 2, p. 277-294, maio/ago. 2015. DOI: https://doi.org/10.5935/ambiencia.2015.02.01. Disponível em: https://revistas.unicentro.br/index.php/ambiencia/article/view/3303. Acesso em: 8 jan. 2023.

BERTONI, J. C.; TUCCI, C. E. M. Urbanización. *In*: TUCCI, C. E. M.; BERTONI, J. C. (org.). **Inundações urbanas na América do Sul**. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2003. p. 1-9.

BINDA, A. L. Os rios urbanos de Chapecó: do esquecimento sob as lajes de concreto às recordações nos dias de chuva. *In*: BRANDT, M.; NASCIMENTO, E. (org.). **Oeste de Santa Catarina**: território, ambiente e paisagem. São Carlos, SP: Pedro & João Editores, 2015. p. 155-193.

BINDA, A. L.; FRITZEN, M. Uso do solo urbano e alterações na rede de drenagem da bacia hidrográfica do Lajeado Passo dos Índios, Chapecó-SC. **Geografia Ensino & Pesquisa**, Santa Maria, RS, v. 17, n. 2, p. 243-259, maio/ago. 2013. DOI: https://doi.org/10.5902/223649948161. Disponível em: https://periodicos.ufsm.br/geografia/article/view/8161/pdf. Acesso em: 15 jan. 2023.

BINDA, A. L.; MENDES, J.; KOCHEMBORGER, M. Topoclimas urbanos em Chapecó/SC: as interações entre a urbanização e o sítio urbano. **Boletim de Geografia**, Maringá, v. 34, n. 1, p. 154-171, out. 2016. DOI: https://doi.org/10.4025/bolgeogr.v34i1.27078. Disponível em: https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/BolGeogr/article/view/27078/pdf. Acesso em: 6 jan. 2023.

BOTELHO, R. G. M. Bacias hidrográficas urbanas. *In*: GUERRA, A. J. T. (org.). **Geomorfologia urbana**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. p. 70-116.

BOTELHO, R. G. M.; SILVA, A. S. Bacia Hidrográfica e Qualidade Ambiental. In: GUERRA, A. J. T.; VITTE, A. C. (orgs). **Reflexões Sobre a Geografia Física no Brasil.** Editora Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 3.ed, 2010.

BOTTIN, J.; DAL MAGRO, J.; SOUZA-FRANCO, G. M.; MOCELIN, D. J. C. Avaliação limnológica da microbacia do Lajeado Passo dos Índios, Chapecó, SC. **Biológico**, São Paulo, v. 69, n. 1, p. 31-39, jan./jun. 2007. Disponível em: http://www.biologico.sp.gov.br/uploads/docs/bio/v69_1/bottin.pdf. Acesso em: 18 jan. 2023.

BRASIL. **Lei nº 9.433, 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. Brasília: Presidência da República, [2023]. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm. Acesso em: 18 jan. 2023.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 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, [2011]. Disponível em: http://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=450. Acesso em: 4 jan. 2023.

BRIERLEY, G.; FRYIRS, K.; OUTHET, D.; MASSEY, C. Application of the River Styles framework as a basis for river management in New South Wales, Australia. **Applied Geography**, [London], v. 22, n. 1, p. 91-122, Jan. 2002. DOI: https://doi.org/10.1016/S0143-6228(01)00016-9. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0143622801000169. Acesso em: 21 jan. 2023.

BRIERLEY, G. J.; FRYIRS, K. River Styles, a geomorphic approach to catchment characterization: implications for river rehabilitation in Bega Catchment, New South Wales, Australia. **Environmental Management**, [New York], v. 25, n. 6, p. 661-679, Jun. 2000. DOI: https://doi.org/10.1007/s002670010052. Disponível em: https://link.springer.com/article/10.1007/s002670010052. Acesso em: 16 jan. 2023.

BRIERLEY, G.; FRYIRS, K.; MARÇAL, M. dos S.; LIMA, R. The use of the river styles framework as a tool to 'work with nature' in managing rivers in Brazil: examples from the Macaé catchment. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 20, n. 4, p. 751-771, out./dez. 2019. DOI: https://doi.org/10.20502/rbg.v20i4.1559. Disponível em: https://rbgeomorfologia.org.br/rbg/article/view/1559. Acesso em: 16 jan. 2023.

BUSS, D. F.; BAPTISTA, D. F.; NESSIMIAN, J. L. Bases conceituais para a aplicação de biomonitoramento em programas de avaliação da qualidade da água de rios. **Caderno de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 19, n. 2, p. 465-473, mar./abr. 2003.

DOI: https://doi.org/10.1590/S0102-311X2003000200013. Disponível em: https://www.scielo.br/j/csp/a/KzNMyNgzs8tsBZSmQmSSf9q/. Acesso em: 8 jan. 2023.

CALDASSO, A. L. da S., VIERO, A. P., FREITAS. M. A. Capítulo 3: geologia. In.: **Diagnóstico de recursos hídricos subterrâneos do oeste do Estado de Santa Catarina – Projeto Oeste de Santa Catarina.** Porto Alegre: CPRM/SDM-SC/DAS-SC/EPAGRI. 2002. Disponível em: https://rigeo.cprm.gov.br/bitstream/doc/4957/1/rel_oeste_proesc_diagnostico.pdf. Acesso em: 10 nov. 2023.

CALLISTO, M.; FERREIRA, W. R.; MORENO, P.; GOULART, M.; PETRÚCIO, M. Aplicação de um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats em atividades de ensino e pesquisa (MG-RJ). **Acta Limnologica Brasiliensia**, [Rio Claro, SP], v. 14, n. 1, p. 91-98, 1º jan. 2002. Disponível em: http://www.alb.periodikos.com.br/article/627b10d8782aad05cb235d75. Acesso em: 18 jan. 2023.

CAMPOS, J. C. **Protocolo de avaliação rápida de rios urbanos como subsídio ao planejamento da paisagem**: estudo de caso da bacia do Rio Palmital na Região Metropolitana de Curitiba (PR). 2020. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2020. Disponível em: https://acervodigital. ufpr.br/handle/1884/67438. Acesso em: 21 jan. 2023.

CAMPOS, J. C.; NUCCI, J. C. Protocolo de avaliação rápida: uma proposta para rios urbanos. **Revista Geografar**, Curitiba, v. 14, n. 2, p. 267-286, jul./dez. 2019. DOI: https://doi.org/10.5380/geografar.v14i2.59176. Disponível em: https://revistas.ufpr.br/ geografar/article/view/59176/39924. Acesso em: 18 jan. 2023.

CAMPOS, J. C.; NUCCI, J. C. Protocolo de Avaliação Rápida de Rios Urbanos (PARU) como ferramenta de monitoramento ambiental. **Revista de Geografia e Ordenamento do Território**, [Porto], n. 21, p. 121-138, jun. 2021 DOI: https://doi. org/10.17127/got/2021.21.005. Disponível em: https://cegot.org/ojs/index.php/GOT/ article/view/2021.21.005/pdf. Acesso em: 18 jan. 2023.

CARVALHO, A. P.; BALDUINO, A. R.; MACIEL, G. F.; PICANÇO, A. P. Avaliação da poluição em rios utilizando índices de qualidade da água: um estudo de caso no ribeirão São João em Porto Nacional – TO. **Geociências**, São Paulo, v. 35, n. 3, p. 472-484, 2016. Disponível em: https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/geociencias/article/view/11696/7661. Acesso em: 21 jan. 2023.

CHAGAS, P.; SANTANA, C.; LIMA, G.; MARÇAL, M. Identificação dos estilos fluviais do Rio Salamanca e seus principais afluentes (CE). *In*: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 12., 2018, Crato. **Anais** [...]. Brasília: União da Geomorfologia Brasileira, 2018. Disponível em: https://www.sinageo.org.br/2018/trabalhos/8/8-342-2191.html. Acesso em: 8 jan. 2023.

CHESSMAN, B. C.; ROYAL, M. J. Bioassessment without reference sites: use of environmental filters to predict natural assemblages of river macroinvertebrates. **Journal of the North American Benthological Society**, [Chicago, IL], v. 23, n. 3, p.

599-615, Sept. 2004. DOI: https://doi.org/10.1899/0887-3593(2004)023%3C0599:BWRSUO%3E2.0.CO;2. Disponível em: https://www.journals.uchicago.edu/doi/abs/10.1899/0887-3593(2004)023<0599%3ABWRSUO>2.0.CO%3B2. Acesso em: 8 jan. 2023.

CHIN, A. Urban transformation of river landscapes in a global context. **Geomorphology**, [Amsterdam], v. 79, n. 3-4, p. 460-487, Sept. 2006. DOI: https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2006.06.033. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0169555X06002637. Acesso em: 15 fev. 2023.

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

CPRM. **Mapa geológico do Estado de Santa Catarina**. Porto Alegre: CPRM, 2014. Escala 1:500.000. Disponível em: https://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/handle/doc/17996. Acesso em: 18 jan. 2023.

CUNHA, S. B. Bacias hidrográficas. *In*: CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. (org.). **Geomorfologia do Brasil**. 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006. p. 229-271.

CUNHA, S. B. Morfologia dos canais urbanos nos trópicos úmidos: a experiência no Brasil. *In*: SEMINÁRIO LATINO-AMERICANO DE GEOGRAFIA FÍSICA, 6.; SEMINÁRIO IBERO-AMERICANO DE GEOGRAFIA FÍSICA, 2., 2010, Coimbra. **Anais** [...]. Coimbra: Universidade de Coimbra, maio 2010. p 1-14. Disponível em: https://www.uc.pt/fluc/cegot/VISLAGF/actas/tema3/sandra. Acesso em: 8 mar. 2023.

CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. Degradação ambiental. *In*: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (org.). **Geomorfologia e meio ambiente**. 10. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. p. 337-379.

FACCO, J.; FUJITA, C.; BERTO, J. L. Agroindustrialização e urbanização de Chapecó-SC – Brasil (1950-2010): uma visão sobre os impactos e conflitos urbanos e ambientais. **Revista do Desenvolvimento Regional**, Santa Cruz do Sul, v. 19, n. 1, p. 187-215, jan./abr. 2014. DOI: https://doi.org/10.17058/redes.v19i1.2481. Disponível em: https://online.unisc.br/seer/index.php/redes/article/view/2481. Acesso em: 18 fev. 2023.

FACCO, J.; LIPPERT, E.; MERGEN, G. Registros e relatos de campo em 24-10- 2018: Microbacia do Lajeado São José pede socorro. **Sociedade amigos de Chapecó - SACH**. Chapecó, nov. 2018. Disponível em: http://www.sociedadeamigosdechapeco.com.br/ckeditor_assets/attachments/224/projeto_janete_sem_fotos_-_15_paginas.pdf. Acesso em: 8 nov. 2023.

FERNANDEZ, O. V. Q. A classificação fluvial de Rosgen aplicada em córregos da região oeste do Estado do Paraná, Brasil. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 31, p. 1-13, 24 jul. 2016. DOI: https://doi.org/10.11606/rdg.v31i0.98837. Disponível em: https://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/98837. Acesso em: 14 dez. 2022.

GONÇALVES, D. B. R. **Potencial de captação de água de chuva na área urbana do município de Chapecó (SC)**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Universidade Federal da Fronteira Sul, Chapecó, 2018. Disponível em: https://rd.uffs.edu.br/handle/prefix/3038. Acesso em: 8 jan. 2023.

GONÇALVES, L. M.; BAPTISTA, L. F da S.; RIBEIRO, R. A.. O USO DE TÉCNICAS COMPENSATÓRIAS DE DRENAGEM PARA CONTROLE DOS IMPACTOS DA URBANIZAÇÃO. **Anais do Fórum Ambiental da Alta Paulista**, Tupã/SP, v. XII, p. 1241-1256, 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Luciana-Goncalves-2/publication/309286239_O_USO_DE_TECNICAS_COMPENSATORIAS_DE_DRENAGEM_PARA_CONTROLE_DOS_IMPACTOS_DA_URBANIZACAO/links/5807df2f08ae63c48fec7939/O-USO-DE-TECNICAS-COMPENSATORIAS-DE-DRENAGEM-PARA-CONTROLE-DOS-IMPACTOS-DA-URBANIZACAO.pdf. Acesso em: 29 fev. 2024.

GORSKI, M. C. B. **Rios e cidades**: ruptura e reconciliação. 2008. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2008. Disponível em: https://dspace.mackenzie.br/handle/10899/26071. Acesso em: 8 jan. 2023.

GOULART, M. D. C.; CALLISTO, M. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. **Revista da FAPAM**, [Pará de Minas], v. 2, n. 1, p. 153-164, 2003. Disponível em: http://labs.icb.ufmg.br/benthos/index_arquivos/pdfs_pagina/Goulart%20&%20Callisto-Fapam.pdf. Acesso em: 21 jan. 2023.

GUIMARÃES, A.; RODRIGUES, A. S. L.; MALAFAIA, G. Adequação de um protocolo de avaliação rápida de riospara ser usado por estudantes do ensino fundamental. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 7, n. 3, p. 241-260, dez. 2012. DOI: https://doi.org/10.4136/ambi-agua.996. Disponível em: https://www.redalyc.org/pdf/928/92824947007.pdf. Acesso em: 18 jan. 2023.

HERRMANN, M. L. P.; ROSA, R. O. Relevo. *In*: FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Diretoria de Geociências. **Geografia do Brasil**: Região Sul. Rio de Janeiro: IBGE, 1990. v. 2, p. 55-83.

HOOKE, R. L. On the history of humans as geomorphic agents. **Geology**, [Mclean, VA], v. 28, n. 9, p. 843-846, Sept. 2000. DOI: https://doi.org/10.1130/0091-7613(2000)28%3C843:OTHOHA%3E2.0.CO;2. Disponível em: https://people.wou.edu/~taylors/g322/hooke_2000.pdf. Acesso em: 15 fev. 2023.

HUSSAIN, Q. A.; PANDIT, A. K. Hydrology, geomorphology and Rosgen classification of Doodhganga stream in Kashmir Himalaya, India. **International Journal of Water Resources and Environmental Engineering**, [Victoria Island, Lagos], v. 3, n. 3, p. 57-65, Mar. 2011. DOI: https://doi.org/10.5897/IJWREE.9000026. Disponível em: https://academicjournals.org/journal/IJWREE/article-full-text-pdf/1316BFF1721. Acesso em: 14 dez. 2022.

IBGE. **Chapecó**: panorama. Rio de Janeiro: IBGE, 2023. Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sc/chapeco/panorama. Acesso em: 15 fev. 2023.

KAUL, P. F. T. Geologia. *In*: FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Diretoria de Geociências. **Geografia do Brasil**: Região Sul. Rio de Janeiro: IBGE, 1990. v. 2, p. 29-54.

LEITE, P. F.; KLEIN, R. M. Vegetação. *In*: FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Diretoria de Geociências. **Geografia do Brasil**: Região Sul. Rio de Janeiro: IBGE, 1990. v. 2, p. 113-150.

LIMA, C. C. U.; BOAS, G. S. V.; BEZERRA, F. H. R. Faciologia e análise tectônica preliminar da formação barreiras no litoral sul do Estado da Bahia, Brasil. **Geologia USP Série Científica**, São Paulo, v. 6, n. 2, p. 71-80, out. 2006. DOI: https://doi.org/10.5327/S1519-874X2006000300009. Disponível em: https://www.revistas.usp.br/guspsc/article/view/27426/29198. Acesso em: 8 jan. 2023.

LIMA, R. N. S.; BRANDÃO, E. A. F.; MARÇAL, M. S. Definição dos estilos fluviais na sub-bacia do rio São Pedro (RJ): uma abordagem geomorfológica ao planejamento dos recursos hídricos. *In*: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 7.; ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE GEOMORFOLOGIA, 2., 2008, Belo Horizonte. **Anais** [...]. Brasília: União da Geomorfologia Brasileira, 2008. Disponível em: http://lsie.unb.br/ugb/sinageo/7/0340.pdf. Acesso em: 14 dez. 2022.

LOBO, E. A.; VOOS, J. G.; ABREU, E. F. Utilização de um protocolo de avaliação rápida de impacto ambiental em sistemas lóticos do sul do Brasil. **Caderno de Pesquisa**, Santa Cruz do Sul, v. 23, n. 1, p. 18-32, jan./abr. 2011. DOI: https://doi.org/10.17058/cp.v23i1.4726. Disponível em: https://online.unisc.br/seer/index.php/cadpesquisa/article/view/4726. Acesso em: 8 jan. 2023.

LORANDI, R.; CANÇADO, C. J. Parâmetros físicos para gerenciamento de bacias hidrográficas. *In*: SCHIAVETTI, A.; CAMARGO, A. F. M. (ed.). **Conceitos de bacias hidrográficas**: teorias e aplicações. Ilhéus: Editus, 2002. p. 37-65.

MARTÍ TALAVERA, J.; NOVA SÁNCHEZ, R. Aplicación del Índice Hidrogeomorfológico (IHG) en la cuenca del Segura: embalse de la Fuensanta-Llano de la Vida (Desembocadura del río Taibilla). **GeoGraphos**, Alicante, v. 10, n. 120, p. 238-268, 2 sept. 2019. DOI: https://doi.org/10.14198/GEOGRA2019.10.120. Disponível em: https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/95783/1/Javier_Marti.pdf. Acesso em: 20 jan. 2023.

MENEZES, C. R.; SALGADO, C. M. Classificação de estilos fluviais na bacia do rio Bananeiras (alto vale do Rio São João, Silva Jardim – RJ): base para análise da condição geomorfológica. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [Recife], v. 12, n. 3, p. 895-912, jun. 2019. DOI: https://doi.org/10.26848/rbgf.v12.3.p895-912. Disponível em: https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/238282. Acesso em: 14 dez. 2022.

MOGHADDAS, N. H.; JALILVAND, R.; SOLOKI, H. R. The investigation of the Sistan River morphology using Rosgen classification. **Indian Journal of Science and**

Technology, [Chennai], v. 6, n. 2, p. 55-60, Feb. 2013. DOI: https://doi.org/10.17485/ijst/2013/v6i2.2. Disponível em: https://indjst.org/articles/the-investigation-of-the-sistan-river-morphology-using-rosgen-classification. Acesso em: 14 dez. 2022.

MOREIRA, A. A. N.; LIMA, G. R. Relevo. *In*: FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Diretoria Técnica. **Geografia do Brasil**: Região Sul. Rio de Janeiro: SERGRAF do IBGE, 1977. v. 5, p. 1-34.

NASCIMENTO, E. Chapecó: evolução urbana e desigualdades socioespaciais. *In*: BRANDT, M.; NASCIMENTO, E. (org.). **Oeste de Santa Catarina**: território, ambiente e paisagem. São Carlos, SP: Pedro & João Editores, 2015. p. 97-154.

NERY, J. T. Dinâmica climática da Região Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, [Curitiba], v. 1, n. 1, p. 61-75, dez. 2005. DOI: https://doi.org/10.5380/abclima.v1i1.25233. Disponível em: https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/25233/. Acesso em: 18 jan. 2023.

NIMER, E. Clima. *In*: FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Diretoria de Geociências. **Geografia do Brasil**: Região Sul. Rio de Janeiro: IBGE, 1990. v. 2, p. 151-187.

OLIVEIRA, B. R. G.; SILVA, T. M.; ROSSO, T. C. A. Estilos fluviais nas bacias hidrográficas da Vila Dois Rios, Ilha Grande (RJ). *In*: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 10., 2014, Manaus. **Anais** [...]. Manaus: UFAM, 2014. p. 281-285. Disponível em: http://www.periodicos.ufam.edu.br/index.php/revista-geonorte/article/view/1562. Acesso em: 15 fev. 2023.

OLIVEIRA, F. M.; NUNES, T. S. Aplicação de protocolo de avaliação rápida para caracterização da qualidade ambiental do manancial de captação (Rio Pequeno) do município de Linhares, ES. **Natureza on line**, [Santa Teresa], v. 13, n. 2, p. 86-91, 2015. Disponível em: http://www.naturezaonline.com.br/natureza/conteudo/pdf/08_Oliveira&Nunes_8691.pdf. Acesso em: 8 mar. 2023.

OLLERO OJEDA, A.; BALLARÍN FERRER, D.; DÍAZ BEA, E.; MORA MUR, D.; SÁNCHEZ FABRE, M.; ACÍN NAVERAC, V.; ECHEVERRÍA ARNEDO, M. T.; GRANADO GARCÍA, D.; IBISATE GONZÁLEZ DE MATAUCO, A.; SÁNCHEZ GIL, L.; SÁNCHEZ GIL, N. Un índice hidrogeomorfológico (IHG) para la evaluación del estado ecológico de sistemas fluviales. **Geographicalia**, [Zaragoza], n. 52, p. 113-141, 2007. DOI: https://doi.org/10.26754/ojs_geoph/geoph.2007521109. Disponível em: https://papiro.unizar.es/ojs/index.php/geographicalia/article/view/1109. Acesso em: 8 mar. 2023.

PASSOS, M. G.; FACCO, J.; CARASEK, F.; JUNIOR, S. F. O.; SCHEIBE, L. F. Os rios na paisagem urbana: as modificações através do tempo em Chapecó, SC, Brasil. In: **Simpósio Internacional de História Ambiental e Migrações**, 5., 2018, Florianópolis. Anais [...]. Florianópolis: UFSC/LABIMHA, 2018. p. 669-692. Disponível em: https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/200810/Anais%202018-rios%20na%20paisagem%20urbana.pdf?sequence=1. Acesso em: 10 nov. 2023.

PELUSO JÚNIOR, V. A. O relevo do território catarinense. **Geosul**, [Florianópolis], v. 1, n. 2, p. 7-69, jan./jun. 1986. Disponível em: https://periodicos.ufsc.br/index.php/geosul/article/view/12550. Acesso em: 8 mar. 2023.

PIRES, J. S. R.; SANTOS, J. E.; DEL PRETTE, M. E. A utilização do conceito de bacia hidrográfica para a conservação dos recursos naturais. *In*: SCHIAVETTI, A.; CAMARGO, A. F. M. (ed.). **Conceitos de bacias hidrográficas**: teorias e aplicações. Ilhéus: Editus, 2002. p. 17-35.

POLI, Jaci. Caboclo: pioneirismo e marginalização. *In*: CENTRO DE MEMÓRIA DO OESTE DE SANTA CATARINA. **Para uma história do Oeste Catarinense**: 10 anos de CEOM. Chapecó: UNOESC, 1995. p. 71-110.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CHAPECÓ. **Informações sobre o Município de Chapecó - SC - Brasil**. Chapecó: Portal Chapecó, [2011]. Disponível em: http://www.portalchapeco.com.br/municipio.htm. Acesso em: 15 fev. 2023.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CHAPECÓ. **Prefeitura inicia desassoreamento de rios na área urbana**. Jun. 2022. Disponível em: https://www.chapeco.sc.gov.br/noticia/5590/prefeitura-inicia-desassoreamento-de-rios-na-area-urbana. Acesso em: 01 nov. 2023.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CHAPECÓ; UNIVERSIDADE DO OESTE DE SANTA CATARINA; UNIVERSIDADE COMUNITÁRIA DA REGIÃO DE CHAPECÓ. **Diagnóstico socioambiental da Macrozona Urbana de Chapecó**. Chapecó: Prefeitura Municipal de Chapecó, 2021. Disponível em: https://www.chapeco.sc.gov.br/extranet/uploads/DocumentoArquivo/2021_03_17_diagnosticosocioambiental_1623932196956.pdf. Acesso em: 8 mar. 2023.

REZENDE, J. H.; LUCA, M. V. Avaliação rápida de rios e nascentes como instrumento de análise ambiental urbana e rural. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, [Aracaju], v. 8, n. 4, p. 85-100, jun./nov. 2017. DOI: https://doi.org/10.6008/SPC2179-6858.2017.004.0008. Disponível em: http://www.sustenere.co/index.php/rica/article/view/SPC2179-6858.2017.004.0008. Acesso em: 18 jan. 2023.

RODRIGUES, A. S. L.; CASTRO, P. T. A.; MALAFAIA, G. Protocolos de avaliação rápida: instrumentos complementares no monitoramento dos recursos hídricos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, [Porto Alegre], v. 13, n. 1, p. 161-170, jan./mar. 2008. DOI: https://doi.org/10.21168/rbrh.v13n1.p161-170. Disponível em: https://www.abrhidro.org.br/SGCv3/publicacao.php?PUB=1&ID=15&SUMARIO=188. Acesso em: 18 jan. 2023.

RODRIGUES, A. S. L.; CASTRO, P. T. A.; MALAFAIA, G. Utilização dos protocolos de avaliação rápida de rios como instrumentos complementares na gestão de bacias hidrográficas envolvendo aspectos da geomorfologia fluvial: uma breve discussão. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 6, n. 11, p. 1-9, 30 dez. 2010. Disponível em: https://conhecer.org.br/ojs/index.php/biosfera/article/view/4435. Acesso em: 21 jan. 2023.

ROSEMBACK, R. **Análise da dinâmica da cobertura vegetal na região sul do Brasil a partir de dados MODIS-TERRA**. 2007. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2007. Disponível em: https://www.academia.edu/32299051. Acesso em: 18 jan. 2023.

ROSGEN, D. L. A classification of natural rivers. **Catena**, [Amsterdam], v. 22, n. 3, p. 169-199, June 1994. DOI: https://doi.org/10.1016/0341-8162(94)90001-9. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0341816294900019. Acesso em: 14 dez. 2022.

SANTA CATARINA. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável. **Plano Estadual de Recursos Hídricos de Santa Catarina – PERH/SC**: caracterização geral das regiões hidrográficas de Santa Catarina: RH1 – Extremo Oeste. [Florianópolis]: Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável, jan. 2017. Disponível em: http://www.aguas.sc.gov.br/jsmall fib_top/DHRI/Plano%20Estadual/etapa_a/PERH_SC_RH1_CERTI-CEV_2017_final. pdf. Acesso em: 18 jan. 2023.

SANTOS, M. **A urbanização brasileira**. 5. ed. São Paulo: Edusp, 2008.

SANTOS, R. S. B. Hidrografia. *In*: FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Diretoria Técnica. **Geografia do Brasil**: Região Sul. Rio de Janeiro: SERGRAF do IBGE, 1977. v. 5, p. 110-142.

SCHEIBE, L. F. A geologia de Santa Catarina – sinopse provisória. **Geosul**, [Florianópolis], v. 1, n. 1, p. 7-38, jan./jun. 1986. Disponível em: https://periodicos. ufsc.br/index.php/geosul/article/view/12542. Acesso em: 18 jan. 2023.

SEGNOR, C. R. **Processos hidrogeomorfológicos em áreas urbanas**: estudo de caso dos loteamentos implantados em Chapecó/SC entre 2004-2018. 2021. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal da Fronteira Sul, Chapecó, 2021. Disponível em: https://rd.uffs.edu.br/handle/prefix/4606. Acesso em: 8 jan. 2023.

SEGNOR, C. R.; SPINELLI, J. A hidrologia de Chapecó/SC: alterações nas bacias hidrográficas urbanas a partir do processo de urbanização do município. **Geografia Ensino & Pesquisa**, Santa Maria, RS, v. 24, e56, 30 dez. 2020. DOI: https://doi.org/ 10.5902/2236499447957. Disponível em: https://periodicos.ufsm.br/geografia/article/ view/47957. Acesso em: 14 dez. 2022.

SILVEIRA, M. P. Aplicação do biomonitoramento para avaliação da qualidade da água em rios. **Documentos (Embrapa Meio Ambiente)**, Jaguariúna, n. 36, p. 9-68, mar. 2004. Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/ 14518/1/documentos36.pdf. Acesso em: 21 dez. 2022.

SOUZA, N. F.; BAPTISTA, D. F.; BUSS, D. F. A predictive index based on environmental filters for the bioassessment of river basins without reference areas in Atlantic Forest biome, Brazil. **Biota Neotropica**, [Campinas], v. 19, n. 2, e20180601, 11 Apr. 2019. https://doi.org/10.1590/1676-0611-BN-2018-0601. Disponível em:

https://www.scielo.br/j/bn/a/9CCscnRTQV94YjWzFBYw6rz/. Acesso em: 20 dez. 2022.

SOUZA, P. S.; POMPÊO, C. A. Avaliação hidrogeomorfológica de um curso d´água urbano e as perspectivas de restabelecimento dos padrões de qualidade: Estudo de caso do Rio Córrego Grande, Florianópolis, Brasil. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais**, [Salvador], v. 4, n. 1, p. 69-79, 14 dez. 2016. DOI: https://doi.org/10.9771/gesta.v4i1.15235. Disponível em: https://periodicos.ufba.br/index.php/gesta/article/view/15235. Acesso em: 22 dez. 2022.

TANIWAKI, R. H.; SMITH, W. S. Utilização de macroinvertebrados bentônicos no biomonitoramento de atividades antrópicas na bacia de drenagem do Reservatório de Itupararanga, Votorantim – SP, Brasil. **Journal of the Health Sciences Institute**, [São Paulo], v. 29, n. 1, p. 7-10, jan./mar. 2011. Disponível em: https://repositorio.unip.br/wp-content/uploads/2020/12/V29_n1_2011_p7-10.pdf. Acesso em: 8 jan. 2023.

TUCCI, C. E. M. Inundações e drenagem urbana. *In*: TUCCI, C. E. M.; BERTONI, J. C. (org.). **Inundações urbanas na América do Sul**. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2003. p. 45-150.

TURLEY, M. D.; BILOTTA, G. S.; CHADD, R. P.; EXTENCE, C. A.; BRAZIER, R. E.; BURNSIDE, N. G.; PICKWELL, A. G. G. A sediment-specific family-level biomonitoring tool to identify the impacts of fine sediment in temperate rivers and streams. **Ecological Indicators**, [Oxford, UK], v. 70, p. 151-165, Nov. 2016. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.05.040. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1470160X16302837. Acesso em: 20 dez. 2022.

XAVIER, J. P. S.; BARROS, A. H. C.; WEBBER, D. C.; ACCIOLY, L. J. O.; MARQUES, F. A.ARAÚJO FILHO, J. C.; SILVA, A. B.;. Estimativa da erosividade da chuva por diferentes métodos e seu impacto na equação universal de perdas de solo, no semiárido pernambucano. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [Recife], v. 12, n. 3, p. 859-875, jun. 2019. DOI: https://doi.org/10.26848/rbgf.v12.3.p859-875. Disponível em: https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/236841. Acesso em: 21 fev. 2023.

ZENARO, F. A.; TOMAZONI, J. C. Suscetibilidade ao movimento de massa no perímetro urbano do município de Chapecó (SC). **Geociências**, São Paulo, v. 39, n. 4, p. 1009-1024, 19 dez. 2020. DOI: https://doi.org/10.5016/geociencias.v39i04.12746. Disponível em: https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/geociencias/article/view/12746. Acesso em: 18 jan. 2023.

ZENI, V. L. F. **Desenvolvimento de cenários visando a mitigação de impactos ambientais em rios urbanizados**: o caso do rio Passo dos Índios – Chapecó-SC. 2007. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade Comunitária Regional de Chapecó, Chapecó, 2007. Disponível em: http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/DetalheObraForm.do?select_action=&co_obra=172417. Acesso em: 18 jan. 2023.