



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
MESTRADO PROFISSIONAL EM PERÍCIAS CRIMINAIS AMBIENTAIS

Carolina Moreira da Silva

**EFEITO DA ESCALA NA DELIMITAÇÃO DE ÁREAS DE PRESERVAÇÃO
PERMANENTE DE NASCENTES E CURSOS D'ÁGUA A PARTIR DE REDES DE
DRENAGEM DE BASES E ESCALAS DISTINTAS: um estudo de caso em
Itajaí/SC.**

Florianópolis

2021

Carolina Moreira da Silva

**EFEITO DA ESCALA NA DELIMITAÇÃO DE ÁREAS DE PRESERVAÇÃO
PERMANENTE DE NASCENTES E CURSOS D'ÁGUA A PARTIR DE REDES DE
DRENAGEM DE BASES E ESCALAS DISTINTAS: um estudo de caso em
Itajaí/SC.**

Dissertação submetida ao Programa de Mestrado Profissional em Perícias Criminais Ambientais da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do título de Mestre em Perícias Criminais Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. Roberto Fabris Goerl

Florianópolis

2021

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Silva, Carolina Moreira da
Efeito da escala na delimitação de áreas de preservação permanente de nascentes e cursos d'água a partir de redes de drenagem de bases e escalas distintas : um estudo de caso em Itajaí/SC / Carolina Moreira da Silva ; orientador, Roberto Fabris Goerl, 2021.
92 p.

Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Biológicas, Programa de Pós-Graduação em Perícias Criminais Ambientais, Florianópolis, 2021.

Inclui referências.

1. Perícias Criminais Ambientais. 2. Áreas de preservação permanente. 3. Redes de drenagem. 4. Efeitos da escala. 5. Cursos d'água efêmeros. I. Goerl, Roberto Fabris . II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós Graduação em Perícias Criminais Ambientais. III. Título.

Carolina Moreira da Silva

**EFEITO DA ESCALA NA DELIMITAÇÃO DE ÁREAS DE PRESERVAÇÃO
PERMANENTE DE NASCENTES E CURSOS D'ÁGUA A PARTIR DE REDES DE
DRENAGEM DE BASES E ESCALAS DISTINTAS: um estudo de caso em
Itajaí/SC.**

O presente trabalho em nível de mestrado profissional foi avaliado e
aprovado por banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof.(a) Dr.(a) Michele Monguilhott
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dr. Nei Kavaguichi Leite
Universidade Federal de Santa Catarina

Certificamos que esta é a **versão original e final** do trabalho de conclusão
que foi julgado adequado para obtenção do título de mestre em Perícias Criminais
Ambientais.

Prof. Dr. Carlos Henrique Lemos Soares
Coordenador do Programa

Prof. Dr. Roberto Fabris Goerl
Orientador

Florianópolis, 2021.

*Aos meus pais, meus irmãos, ao meu companheiro
Everton, e aos meus filhos Manuela e Pedro.*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a essa força misteriosa universal e infinita que nos provê de vida e energia. A este Planeta incrivelmente belo e repleto de diversidades que tanto me inspira.

Agradeço aos meus pais André e Cidinha por todo apoio e incentivo aos estudos, eu reconheço todo o esforço e sacrifício de vocês na nossa criação e educação.

Ao meu companheiro Everton pelo grande apoio, carinho e dedicação comigo e com a nossa família. Você é o nosso alicerce. Nunca me deixou pensar em desistir desta empreitada, sempre me motivando nos momentos de desânimo ... “bora menina”, ou ... “é né... acho melhor você desistir, aproveita e passa no INSS pedir sua aposentadoria” ... hehehe. Meu agradecimento e meu amor.

Agradeço toda a compreensão, ajuda e carinho dos meus filhos Manuela e Pedro, que externaram muita alegria quando eu finalmente disse que havia terminado a dissertação. A mãe deles estava de volta!

Ao Instituto Itajaí Sustentável - INIS, na figura do Sr. Diretor Presidente, por me oportunizar participar deste curso de Mestrado, que tanto contribuiu na minha evolução e aprimoramento profissional enquanto Analista Ambiental do órgão.

Agradeço a todos os colegas Analistas e Técnicos Ambientais do INIS pela troca de experiências e conhecimento técnico durante todos esses 11 anos de convivência. E aqui deixo meu agradecimento especial à Sônia Maria Rosa Day, minha tutora e amiga que muito me ajudou nessa caminhada.

Aos Analistas Ambientais do INIS Marcos Paulo Morfim, Felipe Ramiro Phaelante da C. Lima e Marcel di Ruzza Ferrari, e ao José Roberto, o Zé, companheiros na aventura de 2 anos de levantamentos de campo das nascentes na Morraria da Ressacada (“tá tudo mapeado Marquito!”). Deixo aqui meu agradecimento também a todos os estudantes da UNIVALI que nos auxiliaram de forma voluntária nesse trabalho de campo.

Agradeço ao Professor Roberto Fabris Goerl pelo incentivo e orientação na realização deste trabalho. Foi muito legal ser orientada por um colega de graduação do curso de Geografia da UFSC. Orgulho!

E por fim, agradeço aos colegas de mestrado Daniela Beatriz G. Busmann, Fernando Taufik Name, Flavio Zanchetti Grasiene Andrietti, Lara Possamai Wessler, Patrícia Cardoso Monteiro, Ricardo Boelter Moraes e Sérgio Gomes de Oliveira Neto pelas trocas e parcerias.

RESUMO

Usualmente a delimitação de áreas de preservação permanente – APP de cursos d'água e nascentes é realizada a partir de arquivos vetoriais de redes de drenagem disponibilizadas em bases cartográficas digitais, ou extraídas de Modelos Digitais de Elevação (MDE). Porém, a rede de drenagem é, em geral, o elemento que apresenta as mais significativas imprecisões em uma base cartográfica em função de fatores diversos que interferem em seu processo de produção, devido à subjetividade dos métodos de fotointerpretação e mapeamento automático. Além da subjetividade o fator da escala também influencia na restituição dessas redes, resultando principalmente na generalização de canais de primeira ordem. Desta forma, neste trabalho buscou-se avaliar o efeito da escala na delimitação de áreas de preservação permanente de nascentes e cursos d'água a partir de redes de drenagem extraídas de bases cartográficas distintas, em escalas de 1:10.000, 1:25.000, 1:50.000, além da rede atualizada após levantamentos de campo. No levantamento de campo foram identificadas e mapeadas 107 nascentes na área de estudo e, por meio de fotointerpretação a rede de drenagem da base cartográfica de Itajaí/SC, na escala de 1:10.000, foi atualizada e os canais foram classificados como cursos d'água perene ou efêmeros, para fins da aplicação de parâmetros da Lei Federal nº 12.651/2012 (Código Florestal). Tomando como base verdadeira a rede de drenagem atualizada, as redes extraídas das bases cartográficas foram comparadas a partir de parâmetros morfométricos, onde pudemos avaliar as diferenças entre elas, que se deram principalmente devido às generalizações entre redes em escalas distintas, e da subjetividade, quando comparadas redes restituídas de bases com a mesma escala. Essas divergências refletiram não somente na área total delimitada de APP, onde observamos tanto a subestimação (chegando a 62,32%) quanto a superestimação das áreas mapeadas (90,5%), como também na espacialização dessas APP. Os resultados permitem concluir que o método de delimitação dessas classes de APP a partir de redes de drenagem extraídas de bases cartográficas se mostrou inconsistente, sendo que a atualização da rede por meio de levantamentos de campo se demonstra imprescindível. Outro fator observado que interfere diretamente na delimitação de APP de cursos d'água pelo método avaliado é que as redes de drenagem não diferenciam os canais pelo regime hidrológico. Porém, a nova edição do Código Florestal além de diferencia-los, exclui as faixas protetoras em canais efêmeros, o que, neste caso, resultou na redução dessa APP, delimitada a partir da rede de drenagem atualizada, em praticamente 50%, reforçando a inconsciência do método usual e a importância do levantamento de campo.

Palavras-chave: Código Florestal. Áreas de Preservação Permanente - APP. Redes de drenagem. Efeito da escala. Cursos d'água efêmeros.

ABSTRACT

The delimitation of permanent preservation areas – PPA of watercourses and water springs is usually carried out from vector files of drainage networks made available in digital cartographic bases, or extracted from Digital Elevation Models (DEMs). However, the drainage network is, in general, the element that presents the most significant inaccuracies in a cartographic base due to several factors that interfere in its production process, due to the subjectivity of the methods of photointerpretation and automatic mapping. In addition to subjectivity, the scale factor also influences the restitution of these networks, resulting mainly in the generalization of first-order channels. However, the drainage network is, in general, the element that presents the most significant inaccuracies in a cartographic base due to several factors that interfere in its production process, due to the subjectivity of the methods of photointerpretation and automatic mapping. In addition to subjectivity, the scale factor also influences the restitution of these networks, resulting mainly in the omission (non-mapped channels) or commission (mapped channels and not found in the field) of first-order channels. Thus, in this work, we sought to evaluate the effect of scale in the delimitation of permanent preservation areas of water springs and water courses from drainage networks extracted from different cartographic bases, in scales of 1:10,000, 1:25,000, 1:50,000, in addition to the network updated after field surveys. In the field survey, 107 water springs in the study area were identified and mapped and, through photointerpretation, the drainage network of the cartographic base of Itajaí/SC, on a scale of 1:10.000, was updated and the channels were classified as courses perennial or ephemeral water, for the purpose of applying the parameters of the Federal Law nº 12.651/2012 (Forest Code). Taking as a true basis the updated drainage network, the networks extracted from cartographic bases were compared using morphometric parameters, where we were able to evaluate the differences between them, which were mainly due to generalizations between networks at different scales, and subjectivity, when compared networks restored from bases with the same scale. These divergences reflected not only in the total delimited area of PPA, where we observed both the underestimation (reaching 62.32%) and the overestimation of the mapped areas (90.5%), but also in the spatialization of these PPA. The results allow us to conclude that the method of delimitation of these PPA classes from drainage networks extracted from cartographic bases was inconsistent, and the network update through field surveys proves to be essential. Another factor observed that directly interferes in the delimitation of PPA of water courses by the evaluated method is that the drainage networks do not differentiate the channels according to the hydrological regime. However, the new edition of the Forest Code, in addition to distinguishing them, excludes the protective bands in ephemeral streams, which, in this case, resulted in the reduction of this PPA, delimited by the updated drainage network, by practically 50%, reinforcing the unconsciousness of the usual method and the importance of the field survey.

Keywords: Forest Code. Permanent Preservation Areas – PPA. Drainage networks. Effect of scale. Ephemeral streams.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1: Evolução histórica da proteção ambiental no entorno de afloramentos subterrâneos no Brasil. | 26 |
| Figura 2: Evolução do espaço mínimo definido como área de preservação permanente em faixa marginal a cursos d'água por meio das Leis nº 4.771/1965, 7.511/1986, 7803/1989 e 12.651/2012. | 27 |
| Figura 3: Mapa de localização da área de estudo..... | 36 |
| Figura 4: Mapa de elevação (A) e de declividade (B) da área de estudo..... | 37 |
| Figura 5: Detalhe da geomorfologia (A) e da geologia (B) da área de estudo. | 38 |
| Figura 6: (A) Rede de drenagem disponibilizada na base cartográfica digital de Itajaí (2007); (B) Rede de drenagem atualizada após levantamento de campo (2012-2014). | 40 |
| Figura 7: Rede de drenagem atualizada tendo os canais diferenciados e classificados como cursos d'água perenes e cursos d'água efêmeros, a partir das condições de fluxo hídrico observadas em campo e da identificação das nascentes. | 41 |
| Figura 8: Perfil esquemático das três modalidades de cursos d'água previstas na Lei nº 12.651, de 2012, e da respectiva APP, com destaque para o trecho intermitente formado por nascente móvel, cujo ponto de início do afloramento (montante) constitui lacuna técnica e normativa..... | 42 |
| Figura 9: Temperaturas e Precipitações médias mensais em Itajaí (1999-2019)..... | 44 |
| Figura 10: Cursos d'água classificados em campo como cursos efêmeros pela falta de fluxo de água corrente: (A) curso efêmero com leito recoberto por serrapilheira; (B) curso efêmero com leito predominantemente argiloso, sem presença de seixos; (C) curso efêmero recoberto por braquiária, em área de pastagem; (D) curso efêmero com leito pouco desenvolvido, argiloso e presença empoçamentos pontuais. | 45 |
| Figura 11: Cursos d'água classificados em campo como perenes: (A) curso perene com leito definido e fundo composto principalmente por cascalhos e areia, localizado em área de pouca declividade. (B), (C) e (D) cursos perenes com leito rochoso, presença de seixos arredondados, cascalho e areia. | 46 |

| | |
|---|----|
| Figura 12: Em detalhe exemplo de canais efêmeros mapeados por meio de interpretação da base cartográfica de Itajaí (2007), com curvas de nível equidistantes em 05 metros. | 47 |
| Figura 13: Exemplo de canal prolongado por fotointerpretação. Em detalhe (A) canal da rede de drenagem original (2007), e (B) canal atualizado e prolongado. | 47 |
| Figura 14: Exemplo de nascente mapeada em campo editada e movida para a linha de talvegue. | 48 |
| Figura 15: (A) Vetor da base cartográfica do Estado de SC/SDS 1:10.000 (2010) denominada “curso d’água”; (B) vetor disponibilizado na mesma base denominado “hid-trecho-drenagem-L”. | 50 |
| Figura 16: (A) Delimitação das APP de nascente e cursos d’água; (B) Delimitação da APP total dos recursos hídricos analisados a partir das APPs de nascentes e cursos d’água, unidas e mescladas em um único polígono, excluindo-se as sobreposições de áreas. | 51 |
| Figura 17: Rede de drenagem atualizada a partir do levantamento de campo e interpretação da base cartográfica de Itajaí (2007), na escala de 1:10.000. | 54 |
| Figura 18: Exemplo de local urbanizado onde a interpretação da rede de drenagem fica comprometida em função da alteração e tubulação dos canais. | 55 |
| Figura 19: Diferentes redes de drenagem disponibilizadas em bases cartográficas e escalas distintas, sendo a base atualizada tida como a verdadeira. | 56 |
| Figura 20: Comparação entre a localização de nascentes definidas a partir de redes de drenagem das bases de SC/SDS (B) e ITAJAÍ em relação àquelas levantadas em campo. | 60 |
| Figura 21: (A, B) Nascentes levantadas em campo e rede de drenagem atualizada inseridas na base cartográfica de Itajaí (2007), onde feições de cursos d’água não se encontram atreladas à talvegues apresentados na base topográfica em 1:10.000 (com curvas de nível equidistantes em 5 metros) em função da suavização do relevo pela escala de representação, e da pequena proporção destes canais. | 60 |
| Figura 22: (A) Exemplo de nascentes mapeadas em campo que não coincidem com o início do canal definido; (B) nascentes definidas a partir da rede de drenagem da base cartográfica de Itajaí (1:10.000). | 61 |
| Figura 23: Nascentes levantadas em campo em relação às redes de drenagem definidas nas bases cartográficas SC/SDS (B) e ITAJAÍ, na escala 1:10.000. | 61 |

| | |
|---|----|
| Figura 24: Áreas de Preservação Permanente – APP de nascentes e cursos d’água delimitadas a partir de seis bases cartográficas e escalas distintas..... | 63 |
| Figura 25: Mapeamento de APPs de nascentes e cursos d’água (A) incluindo cursos d’água classificados como efêmeros e (B) considerando somente os cursos d’água perenes. | 65 |
| Figura 26: Gráfico representando a área total de estudo em relação a APP de curso d’água delimitada a partir da rede de drenagem atualiza, qual engloba todos os canais mapeados após levantamento de campo, e a APP de curso d’água delimitada a partir do vetor extraído da rede atualizada classificado como curso d’água perene. | 66 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1: Dados climatológicos para Itajaí (1999-2019)..... | 44 |
| Tabela 2: Resultado dos parâmetros analisados para a rede de drenagem atualizada que serão considerados como verdadeiros, para fins de comparação entre as demais bases. | 53 |
| Tabela 3: Comparação entre parâmetros morfométricos extraídos das redes de drenagem avaliadas, onde consideramos os parâmetros da base atualizada como os verdadeiros. | 55 |
| Tabela 4: Classificação dos valores de densidade de drenagem (Dd). | 58 |
| Tabela 5: Resultado quantitativo da delimitação da feição de “nascentes” nas diferentes bases cartográficas, a partir da rede de drenagem, frente ao levantamento de campo. | 59 |
| Tabela 6: Resultado da delimitação de APPs de cursos d’água e nascentes a partir da rede de drenagem definida em bases cartográficas, em comparação com a delimitada a partir da rede de drenagem atualizada, considerando a exclusão dos cursos d’água efêmeros identificados no levantamento de campo..... | 62 |
| Tabela 7: Comparação entre os parâmetros morfométricos avaliados e a APP total gerada a partir da base SC/SDS(B) e da Rede Atualizada. | 64 |
| Tabela 8: Comparação entre a APP gerada a partir da rede de drenagem atualizada, incluindo todos os canais mapeados, e a APP gerada a partir do vetor classificado como curso d’água perene..... | 66 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APP Área de Preservação Permanente

ASTER Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflectance Radiometer

CAD Computer Aided Desing

EPAGRI Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina

GPS Global Positioning System

IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INIS Instituto Itajaí Sustentável

INPE Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

MDE Modelo Digital de Elevação

NM Nível do mar

PNMR Parque Natural Municipal da Ressacada

SIG Sistema de Informação Geográfica

SISNAMA Sistema Nacional do Meio Ambiente

SNUC Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza

SRTM Shuttle Radar Topography Mission

UNIVALI Universidade do Vale do Itajaí

SUMÁRIO

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | INTRODUÇÃO | 16 |
| 1.1 | OBJETIVOS | 20 |
| 1.1.1 | Objetivo Geral..... | 20 |
| 1.1.2 | Objetivos Específicos | 20 |
| 2 | FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA..... | 21 |
| 2.1 | ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE - APP..... | 21 |
| 2.2 | APP DE NASCENTES E CURSOS D'ÁGUA | 25 |
| 2.3 | A REDE DE DRENAGEM COMO BASE PARA A DELIMITAÇÃO DE APP DE RECURSOS HÍDRICOS | 29 |
| 2.4 | CURSOS D'ÁGUA COM REGIME DE FLUXO INTERMITENTE E EFÊMERO 33 | |
| 3 | LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO | 36 |
| 4 | MATERIAIS E MÉTODOS..... | 38 |
| 4.1 | MATERIAIS | 38 |
| 4.2 | LEVANTAMENTO DAS NASCENTES E ATUALIZAÇÃO DA REDE DE DRENAGEM DA BASE CARTOGRÁFICA DE ITAJAÍ (2007)..... | 39 |
| 4.3 | DELIMITAÇÃO DAS APPS..... | 49 |
| 4.4 | COMPARAÇÃO ENTRE AS BASES CARTOGRÁFICAS..... | 51 |
| 4.5 | ANÁLISE DA EXCLUSÃO DE CURSOS D'ÁGUA EFÊMEROS NA DELIMITAÇÃO DE APP DE CURSOS D'ÁGUA | 52 |
| 5 | RESULTADOS E DISCUSSÕES | 53 |
| 5.1 | REDE DE DRENAGEM ATUALIZADA | 53 |
| 5.2 | REDES DE DRENAGEM | 55 |
| 5.3 | DELIMITAÇÃO DAS NASCENTES..... | 58 |
| 5.4 | COMPARAÇÃO ENTRE AS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE | 62 |
| 5.5 | APP DE CURSOS D'ÁGUA EXCLUÍDOS OS EFÊMEROS | 65 |
| 6 | CONSIDERAÇÕES FINAIS | 67 |
| 7 | REFERÊNCIAS | 71 |
| 8 | APÊNDICE..... | 78 |
| | RECORDAÇÕES FOTOGRÁFICAS DO MAPEAMENTO E DA ÁREA DE ESTUDO (2012-2014)..... | 78 |

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento econômico de um país está intimamente relacionado com a gestão de seus recursos hídricos (FRANZ, 2011). No Brasil, conforme apontado por Rogério *et. al.* (2011), um dos principais impactos nos recursos hídricos dá-se pelo inadequado planejamento urbano e ambiental, tanto nos recortes políticos-administrativos quanto nas bacias hidrográficas.

Além do crescimento populacional acelerado (que leva ao adensamento demográfico) e do comprometimento da qualidade das águas dos rios, a diminuição da cobertura vegetal também representa importantíssimo fator que conduz à escassez hídrica. O somatório desses fatores desencadeia, então, a redução da disponibilidade hídrica, comprometendo o desenvolvimento regional ou, dependendo da relevância do recurso hídrico atingido, até mesmo o desenvolvimento nacional (FRANZ, 2011).

Neste sentido, o Código Florestal Brasileiro, Lei Federal nº 12.651/2012, quando estabelece Áreas de Preservação Permanente - APP no entorno de corpos hídricos, é atualmente um importante instrumento de proteção desses recursos e da vegetação ripária a eles associada.

Segundo este Código, artigo 3º, inciso II, a APP é definida como sendo a “área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas” (BRASIL, 2012a).

As APP são áreas que, por sua importância, não são passíveis de uso e não podem ser afetadas, sendo que somente será admitida sua utilização e intervenção quando for necessária a execução de obras, planos, atividades ou projetos de utilidade pública, interesse social, ou no caso de atividades classificadas como de baixo impacto.

Dentre as áreas definidas como de preservação permanente, no que tange à proteção dos recursos hídricos, podemos citar as faixas marginais de cursos d’água naturais, perenes e intermitentes, excluídos os efêmeros, áreas no entorno de nascentes e olhos d’água perenes e áreas no entorno de lagos e lagoas naturais.

A diferenciação entre os regimes hidrológicos dos cursos d'água e a exclusão das faixas marginais de canais efêmeros como áreas de preservação permanente foi uma das alterações promovidas pelo “Novo Código Florestal”, editado em 2012.

Já no que se refere à gestão, ao monitoramento e a fiscalização dessas APP, sua identificação e mapeamento são de suma importância para os órgãos governamentais de controle, já que, mesmo se considerarmos a escala local de gestão ambiental (o município), se tratam de grandes extensões a serem gerenciadas.

De acordo com Cota (2008), a identificação e a delimitação territorial de APP é um trabalho complexo, que envolve a interpretação e a combinação de alguns dados ambientais, como bases cartográficas, Modelos Digitais de Elevação (MDE), fotografias aéreas ou imagens orbitais, mapeamentos geológicos, geomorfológicos, de uso e cobertura de solo, entre outros. Observa-se hoje a rápida difusão das geotecnologias para o apoio à tomada de decisões, sobretudo em questões que apresentem o fator espacial como base das discussões. A rapidez com que as alterações da paisagem têm acontecido exige a associação entre os esforços da legislação e os esforços técnicos no sentido de reconhecerem e caracterizarem as áreas de valor ambiental (COTA, 2008). Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e as ferramentas de geoprocessamento destacam-se como suporte técnico na área da geotecnologia.

Contudo, é fundamental que se disponha de uma base cartográfica confiável e atualizada, em escala adequada, da área a ser gerenciada.

Nos últimos anos (principalmente antes da disponibilização de produtos com melhor resolução espacial, a exemplo das imagens ASTER e do projeto topodata elaborado pelo INPE) uma quantidade significativa dos mapeamentos de delimitação de APP, a exemplo de vários feitos por empresas de consultoria ambiental, têm sido elaborados a partir das imagens SRTM disponibilizadas pela Embrapa ou bases vetorizadas do IBGE na escala de 1:50.000. Isso se deve a fácil aquisição destas bases (GUIMARÃES e GUIMARÃES, 2016).

Ainda conforme, Guimarães e Guimarães (2016), a legislação ambiental vigente acerca de áreas de preservação permanente não especifica qual a escala ou resolução espacial das bases a serem utilizadas na determinação das APP. Assim, esta escolha é feita pelo analista (ou instituição) que irá elaborar o mapa, sendo que na maioria das vezes, o critério de facilidade em adquirir as bases, bem como

disponibilidade das mesmas é utilizado para essa escolha. No entanto alguns estudos, como os realizados por Cota (2008), Almeida e Berger (2007), Guimarães e Carvalho (2013), Guimarães e Guimarães (2016) têm demonstrado discrepâncias, principalmente no cômputo total de APP mapeadas a partir de bases de escalas distintas.

Ressalta-se, porém, que os estudos citados apresentam resultados da avaliação entre diferentes bases e escalas, não trazendo uma avaliação entre os dados cartográficas e dados de campo, para a verificação da acurácia das bases avaliadas.

De acordo com Souza e Sampaio (2015), bases cartográficas carecem de melhorias em função das limitações impostas pelos processos de mapeamento, sendo a rede de drenagem um bom exemplo.

De maneira geral, os trabalhos relativos ao mapeamento de APP de recursos hídricos, como observado em Gonçalves et al. (2012), Neto et al (2015), Gonçalves, Gaudêncio e Leal (2015), Guimarães e Guimarães (2016), Tabalipa e Vieira (2018), e Miranda e Figueiredo (2020), tomam como referência os dados vetoriais de rede de drenagem disponibilizados em bases cartográficas, ou em redes de drenagem extraídas de Modelos Digitais de Elevação (MDE) por meio de processos automáticos. Nesses casos, a definição das nascentes é realizada admitindo-se em cada início de canais de 1º ordem da rede de drenagem um ponto considerado como a nascente daquele curso.

Autores como Sampaio e Augustin (2014), Sousa e Sampaio (2015), porém, advertem que a rede de drenagem é, em geral, o elemento que apresenta as mais significativas imprecisões em uma base cartográfica em função de fatores diversos que interferem em seu processo de produção, devido à subjetividade dos métodos de fotointerpretação e do mapeamento automatizado.

Nos onze anos de experiência profissional como Analista Ambiental do Instituto Itajaí Sustentável – INIS, órgão público de gestão ambiental em Itajaí/SC, observamos que a quase totalidade dos Estudos Ambientais analisados, elaborados por empresas de consultoria para fins de Licenciamento Ambiental, desenvolveram suas análises e mapeamentos de APP de recursos hídricos a partir de redes de drenagem extraídas de bases cartográficas.

Até o ano de 2007 a base cartográfica do IBGE, na escala de 1:50.000, era a única disponível para o município de Itajaí, e serviu para fundamentar diversos estudos ambientais. Em 2007 a Prefeitura de Itajaí encomendou o levantamento aerofotogramétrico e base cartográfica digital em escala 1:10.000, que se tornou a informação cartográfica de maior precisão na elaboração de estudos e análises técnicas ambientais no município.

No ano de 2013 Itajaí recebeu o levantamento aerofotogramétrico e a base cartográfica digital realizados pelo Estado de Santa Catarina, em escala 1:10.000 e, mais recentemente, em 2020, o IBGE disponibilizou uma nova base cartográfica para o Estado de Santa Catarina na escala de 1:25.000. Hoje Itajaí dispõem de quatro bases cartográficas distintas, elaboradas em diferentes épocas e escalas, passíveis de utilização em Estudos Ambientais e nos mapeamentos de APP.

Portanto, para análise da influência de escala, neste presente trabalho foram geradas Áreas de Preservação Permanente – APP referentes às nascentes e cursos d'água, a partir das redes de drenagem extraídas dessas bases cartográficas disponíveis para Itajaí. Assim como, buscou-se verificar a compatibilidade dessas bases frente aos dados de campo coletados na área de estudo pelos Analistas Ambientais do Instituto Itajaí Sustentável - INIS entre os anos de 2012 e 2014, com o intuito principal de responder os seguintes questionamentos:

- O método de delimitação automática APP de cursos d'água e nascentes a partir de redes de drenagem é adequada para Estudos Ambientais, Perícias Administrativas ou Judiciais em nível de detalhe local?

- A escala das bases cartográficas irá influenciar no resultado desses mapeamentos?

- O método usual de delimitação de APP de cursos d'água, a partir de redes de drenagem, é coerente frente ao novo parâmetro definido no Código Florestal de 2012, qual exclui a proteção legal nos cursos d'água efêmeros e sua faixa marginal?

- Qual o impacto da exclusão das APP dos canais efêmeros na proteção ambiental de recursos hídricos?

Os resultados avaliados neste trabalho poderão esclarecer e auxiliar Consultores, Analistas e Fiscais Ambientais, e Peritos Criminais quanto aos cuidados na interpretação e utilização de dados extraídos de bases cartográfica em estudos ambientais, principalmente no que se refere às áreas de proteção de recursos

hídricos. Além disso, os resultados buscam fomentar a discussão à cerca das alterações promovidas pelo “Novo Código Florestal” e o consequente retrocesso jurídico na proteção ambiental desses espaços territorialmente protegidos.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Avaliar a delimitação em ambiente SIG de Áreas de Preservação Permanente – APP de cursos d’água e de nascentes, frente aos novos parâmetros estabelecidos na edição de 2012 do Código Florestal Brasileiro, geradas a partir de redes de drenagem definidas em bases cartográficas e escalas distintas, em um recorte do Município de Itajaí.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Analisar e comparar as diferentes redes de drenagem extraídas de bases cartográficas de escalas distintas a partir de parâmetros morfométricos;
- Avaliar o método para a definição e localização de nascentes a partir de canais de primeira ordem mapeados nas diferentes redes de drenagem avaliadas;
- Analisar e comparar as APP geradas a partir das bases cartográficas e aquela gerada a partir de mapeamento de campo;
- Avaliar o impacto ambiental resultante da exclusão, definida no Novo Código Florestal, das faixas marginais de proteção (APP) nos cursos d’água efêmeros na área de estudo.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE - APP

Conforme o Código Florestal vigente, Lei Federal 12.651/2012, artigo 3º, inciso II, o conceito legal de Área de Preservação Permanente - APP é definido como sendo a “área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas” (BRASIL, 2012a).

Podemos dizer que este é um conceito que evoluiu na legislação brasileira a partir do conceito legal de “florestas protetoras”, estabelecido pelo Decreto nº 4.421/1921, consideradas como sendo aquelas que exerciam as funções de: beneficiar a higiene e a saúde pública; garantir a pureza e abundância dos mananciais; equilibrar o regime das águas correntes; evitar os efeitos danosos dos agentes atmosféricos, impedir a destruição produzida pelos ventos, obstar a deslocação das areias movediças como também os esbarrocamentos, as erosões violentas, quer pelos rios, quer pelo mar; e auxiliar a defesa das fronteiras (art. 3º) (BRASIL, 1921).

Em 1934, com a edição do 1º Código Florestal Brasileiro (Decreto nº 23.793/34), esse conceito foi incorporado e definido no artigo 4º como:

Art. 4º. Serão consideradas florestas protectoras as que, por sua localização, servirem conjuncta ou separadamente para qualquer dos fins seguintes:

- a) conservar o regimen das aguas;*
- b) evitar a erosão das terras pela acção dos agentes naturaes;*
- c) fixar dunas;*
- d) auxiliar a defesa das fronteiras, de modo julgado necessário pelas autoridades militares;*
- e) assegurar condições de salubridade pública;*
- f) proteger sitios que por sua belleza mereçam ser conservados;*
- g) asilar especimens raros de fauna indigena. (BRASIL, 1934).*

Como apontado por Araújo (2011), o primeiro Código Florestal (Brasil, 1921) já qualificava as florestas existentes no território nacional, consideradas em seu conjunto, como bem de interesse comum a todos os habitantes do país (art. 1º) e, em visão abrangente, a lei não se restringia às florestas, estendendo expressamente suas disposições a todas as formas de vegetação (art. 2º).

Passados 31 anos até a edição do 2º Código Florestal Brasileiro (Lei 4.771/65), as normatizações que tratavam das florestas protetoras não se modificaram muito (BORGES, 2008), até que em 1962 foi proposto um novo Código Florestal, sancionado pelo Presidente Castelo Branco em 1965 pela Lei Federal nº 4771 (FILHO et al., 2015).

Pode-se afirmar que os dois principais institutos jurídicos regulados pela Lei nº 4.771/1965 foram as Áreas de Preservação Permanente (APP) e a Reserva Legal (Araújo, 2011). Portanto, o conceito legal de APP surge com a 2ª edição do Código Florestal Brasileiro, sendo que, de acordo com o texto original de 1965, essa área foi definida como:

Art. 2º Consideram-se de preservação permanente, pelo só efeito desta Lei, as florestas e demais formas de vegetação natural situadas:

a) ao longo dos rios ou de outro qualquer curso d'água, em faixa marginal cuja largura mínima será:

1. de 5 (cinco) metros para os rios de menos de 10 (dez) metros de largura:

2. igual à metade da largura dos cursos que meçam de 10 (dez) a 200 (duzentos) metros de distância entre as margens;

3. de 100 (cem) metros para todos os cursos cuja largura seja superior a 200 (duzentos) metros.

b) ao redor das lagoas, lagos ou reservatórios d'água naturais ou artificiais;

c) nas nascentes, mesmo nos chamados "olhos d'água", seja qual for a sua situação topográfica;

d) no topo de morros, montes, montanhas e serras;

e) nas encostas ou partes destas, com declividade superior a 45°, equivalente a 100% na linha de maior declive;

f) nas restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues;

g) nas bordas dos tabuleiros ou chapadas;

h) em altitude superior a 1.800 (mil e oitocentos) metros, nos campos naturais ou artificiais, as florestas nativas e as vegetações campestres. (BRASIL, 1965).

No que se refere aos parâmetros e definições quanto à delimitação das APP, durante a vigência dessa 2ª edição do Código Florestal houveram alterações por meio de Medidas Provisórias, Leis e Resoluções do CONAMA, principalmente a partir da década de 1980 com promulgação da Política Nacional de Meio Ambiente, Lei 6.938/1981 e, posteriormente, com a Constituição Federal (1988), onde vários instrumentos legais de preservação ambiental foram incorporados.

O Código Florestal de 1965 ficou vigente até 2012, quando, após um intenso debate no Congresso Nacional, foi substituído pela Lei nº 12.651/2012, que passou a ser o novo regramento jurídico a dispor sobre a proteção da vegetação nativa no Brasil. Posteriormente, outros dispositivos jurídicos vieram a complementar essa lei, como a Lei nº 12.727, de 17/10/2012, derivada da MP no 571, de 25/5/2012, e os decretos nº 7.830, de 17/10/2012, e 8.235, de 5/5/2014, a Lei nº 13.295, de 14/6/2016 (SILVA et al., 2016) e, mais recentemente, as Leis 13.465, de 11/07/2017, e 13.887, de 17/10/2019.

De acordo com o *Novo Código Florestal* (2012), os parâmetros atuais para a delimitação das APP se encontram estabelecidos em seu artigo 4º, onde:

Art. 4º Considera-se Área de Preservação Permanente, em zonas rurais ou urbanas, para os efeitos desta Lei:

I - as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de:

a) 30 (trinta) metros, para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;

b) 50 (cinquenta) metros, para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;

c) 100 (cem) metros, para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura;

d) 200 (duzentos) metros, para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura;

e) 500 (quinhentos) metros, para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros;

II - as áreas no entorno dos lagos e lagoas naturais, em faixa com largura mínima de:

a) 100 (cem) metros, em zonas rurais, exceto para o corpo d'água com até 20 (vinte) hectares de superfície, cuja faixa marginal será de 50 (cinquenta) metros;

b) 30 (trinta) metros, em zonas urbanas;

III - as áreas no entorno dos reservatórios d'água artificiais, decorrentes de barramento ou represamento de cursos d'água naturais, na faixa definida na licença ambiental do empreendimento;

IV - as áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros;

V - as encostas ou partes destas com declividade superior a 45° , equivalente a 100% (cem por cento) na linha de maior declive;

VI - as restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues;

VII - os manguezais, em toda a sua extensão;

VIII - as bordas dos tabuleiros ou chapadas, até a linha de ruptura do relevo, em faixa nunca inferior a 100 (cem) metros em projeções horizontais;

IX - no topo de morros, montes, montanhas e serras, com altura mínima de 100 (cem) metros e inclinação média maior que 25° , as áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a 2/3 (dois terços) da altura mínima da elevação sempre em relação à base, sendo esta definida pelo plano horizontal determinado por planície ou espelho d'água adjacente ou, nos relevos ondulados, pela cota do ponto de sela mais próximo da elevação;

X - as áreas em altitude superior a 1.800 (mil e oitocentos) metros, qualquer que seja a vegetação;

XI - em veredas, a faixa marginal, em projeção horizontal, com largura mínima de 50 (cinquenta) metros, a partir do espaço permanentemente brejoso e encharcado. (BRASIL, 2012a).

2.2 APP DE NASCENTES E CURSOS D'ÁGUA

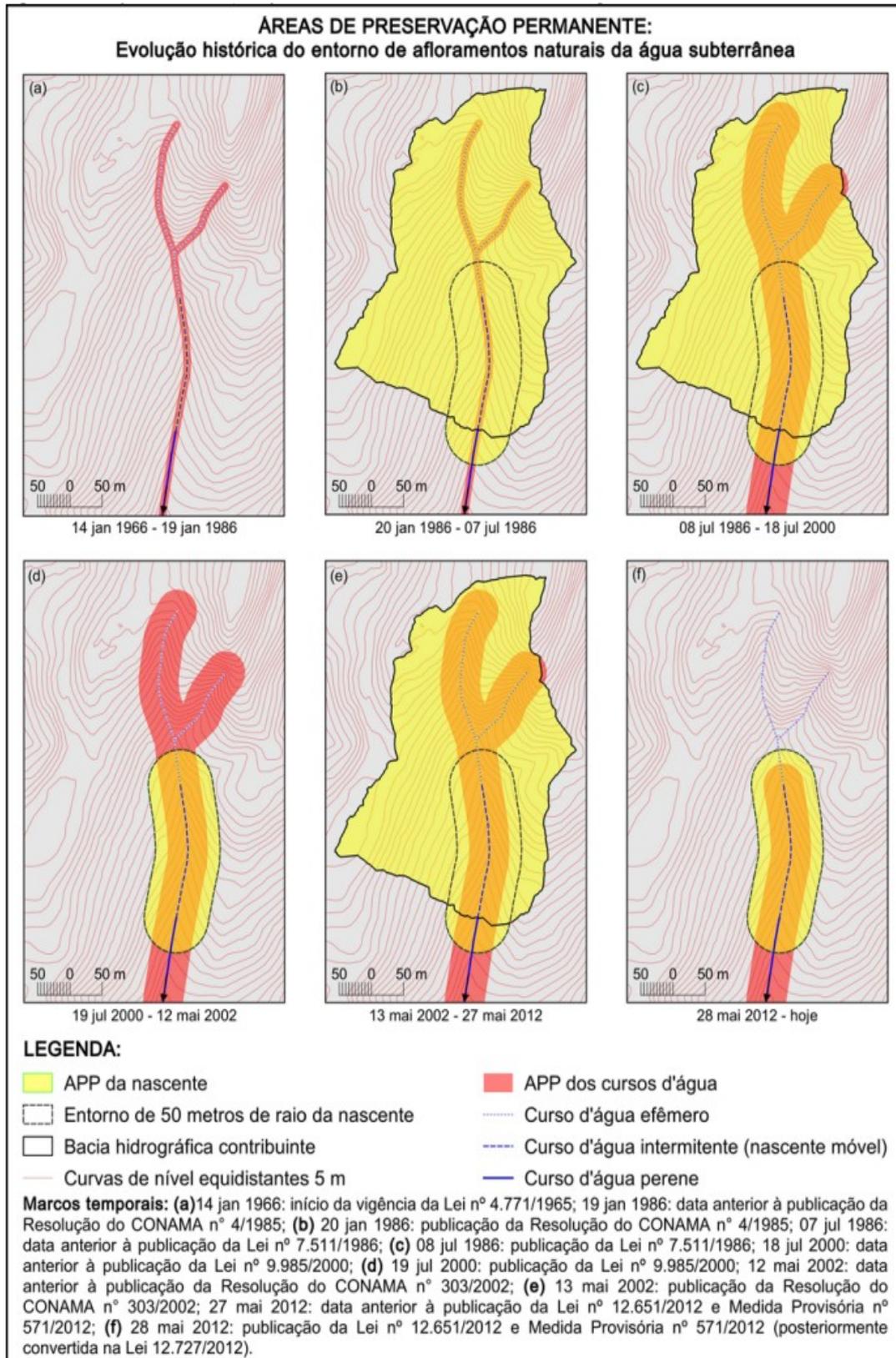
O 1º Código Florestal do Brasil (1934) já especificava as “florestas protetoras” com funções de conservar os recursos hídricos como espaços territorialmente protegidos, sem, no entanto, definir parâmetros legais para sua delimitação.

Porém, foi a partir da definição das Áreas de Preservação Permanente - APP em 1965, por meio da 2ª edição do Código Florestal (Lei 4.771/1965), que ficaram estabelecidas as faixas protetoras aos cursos d'água com parâmetros definidos a partir da largura do rio, podendo essa APP variar de 05 (cinco) a 100 (cem) metros marginais.

Com relação às nascentes, Souza et al. (2019) apontam que foi também a partir de 1965 que a legislação brasileira considera como APP os afloramentos de água subterrânea (nascentes e olhos d'água) e seu entorno, independentemente da situação topográfica ou da perenidade da surgência. Contudo, o Código de 1965 não definiu um parâmetro legal para a delimitação dessa APP, situação essa regulamentada por meio da Resolução do CONAMA nº 04/1985 (art. 1º c/ art. 3º/b-II), que definiu como de proteção permanente “a faixa mínima de 50 (cinquenta) metros e a partir de sua margem, de tal forma que proteja, em cada caso, a bacia de drenagem contribuinte” (BRASIL, 1985).

No decorrer dos anos seguintes, não só os parâmetros referentes a delimitação dessas APP, como também definições e critérios, como por exemplo quanto ao leito fluvial a partir do qual iniciava a faixa marginal da APP (SOUZA et al, 2018), sofreram alterações por meio de Leis e Resoluções, até apresentarem as definições e parâmetros atuais regidos pelo Código Florestal de 2012, como demonstrado na Figura 1. Além da Resolução CONAMA nº 04/1985, citamos também a Lei 7.511/1986, Lei 7.803/1989, e Resolução CONAMA nº 303/2002 como as principais legislações regulamentadoras na evolução dos parâmetros e definições para a delimitação das APP de nascentes e de cursos d'água.

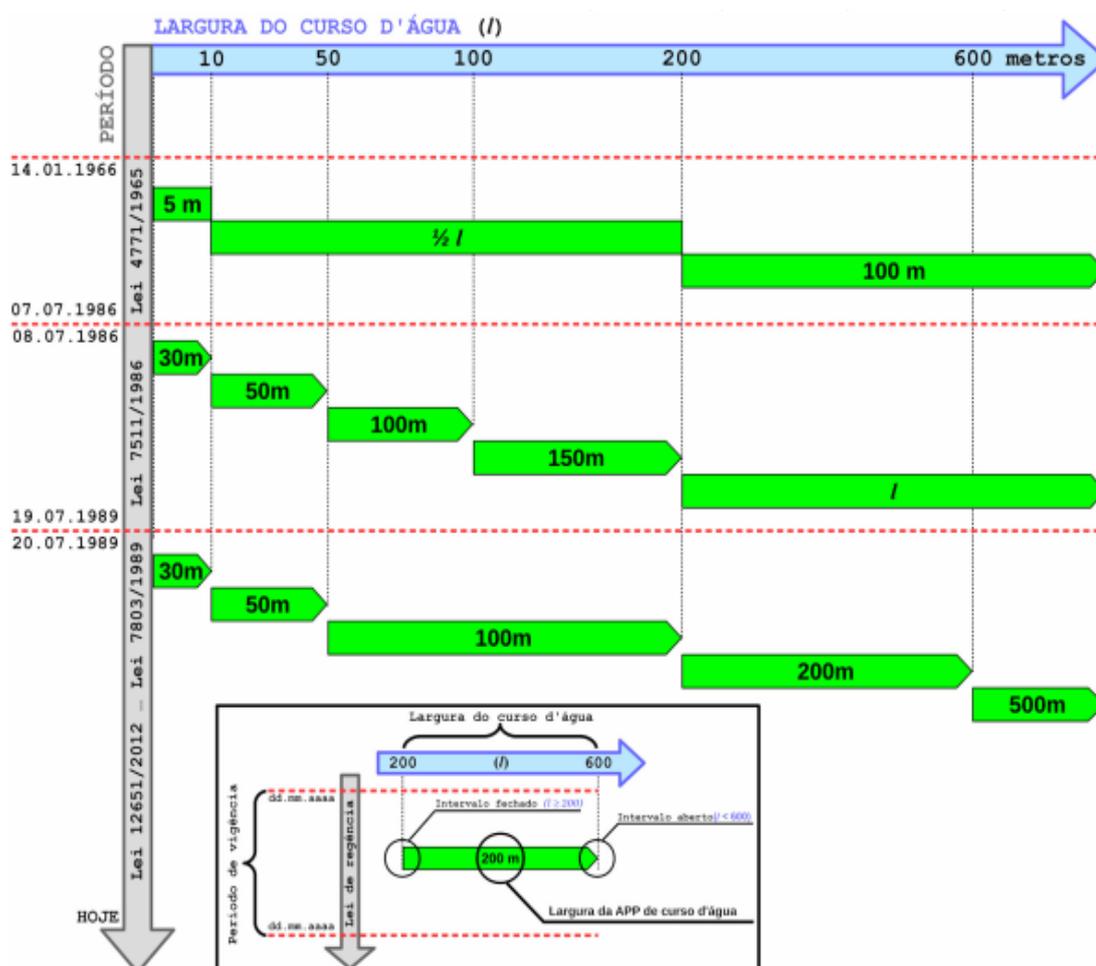
Figura 1: Evolução histórica da proteção ambiental no entorno de afloramentos subterrâneos no Brasil.



Fonte: Souza, Chaffe, Pinto, Nogueira (2019).

No que se refere às APP de cursos d'água, os valores definidos em 1989 foram mantidos pelo Código Florestal vigente (2012), como demonstrado na Figura 2. Porém, a exclusão das faixas protetoras marginais aos cursos d'água naturais efêmeros e, também, como apontado por Souza et al (2020), a alteração no conceito e critério para delimitação do ponto de início da faixa marginal junto à margem do rio, geraram polêmicas e ampla discussão na sociedade científica e civil uma vez que a nova redação da lei aplicada acaba por reduzir consideravelmente as áreas de proteção dos cursos d'água, resultando em um claro retrocesso na proteção ao meio ambiente.

Figura 2: Evolução do espaço mínimo definido como área de preservação permanente em faixa marginal a cursos d'água por meio das Leis nº 4.771/1965, 7.511/1986, 7803/1989 e 12.651/2012.



Fonte: Souza, Chaffe e Pinto (2020).

Neto et al. (2015), em um estudo sobre a aplicação do Novo Código Florestal frente aos recursos hídricos no semiárido brasileiro, avaliaram que há uma diferença significativa nas áreas de APP de cursos d'água. Em função da exclusão das faixas protetivas aos cursos efêmeros há uma redução de 78% dessa classe de APP na área analisada, decorrente das alterações na legislação.

Ressaltamos, porém, que na pesquisa de Neto et al (2015) esse foi o único estudo verificado que tratou da diferença quantitativa no mapeamento das APP de cursos d'água em razão da alteração do código vigente, no que se refere à exclusão dos cursos efêmeros.

Como apontado por Souza (2021), na legislação brasileira, rios efêmeros e intermitentes foram sinônimos até a publicação da Lei nº 12.727/2012, que alterou o Código Florestal de 2012 e definiu três classes distintas de rios: perene, intermitente e efêmero, cujos conceitos foram estabelecidos pelo Decreto nº 7.830/2012 (art. 2º, incisos XII, XIII e XIV).

Art. 2º Para os efeitos deste Decreto entende-se por:

XII - rio perene - corpo de água lótico que possui naturalmente escoamento superficial durante todo o período do ano;

XIII - rio intermitente - corpo de água lótico que naturalmente não apresenta escoamento superficial por períodos do ano;

XIV - rio efêmero - corpo de água lótico que possui escoamento superficial apenas durante ou imediatamente após períodos de precipitação (BRASIL, 2012b).

Já o conceito legal de nascentes se encontra definido no artigo 3º, inciso XVII do Código Florestal de 2012 como sendo o “afloramento natural do lençol freático que apresenta perenidade e dá início a um curso d'água” (BRASIL, 2012a).

Desta forma, considerando os conceitos legais acima expostos, para fins da delimitação das APP referentes aos cursos d'água e nascentes, a legislação vigente estabelece em seu artigo 4º que:

Art. 4º Considera-se Área de Preservação Permanente, em zonas rurais ou urbanas, para os efeitos desta Lei:

I - as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de:

a) 30 (trinta) metros, para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;

b) 50 (cinquenta) metros, para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;

c) 100 (cem) metros, para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura;

d) 200 (duzentos) metros, para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura;

e) 500 (quinhentos) metros, para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros;

(...)

IV - as áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros (BRASIL, 2012a).

2.3 A REDE DE DRENAGEM COMO BASE PARA A DELIMITAÇÃO DE APP DE RECURSOS HÍDRICOS

De maneira geral, os trabalhos relativos ao mapeamento de APP de recursos hídricos tomam como base os dados vetoriais de rede de drenagem, ou rede hidrográfica, disponibilizados em bases cartográficas, ou em redes de drenagem extraídas de Modelos Digitais de Elevação (MDE) por meio de processos automáticos. Nesses casos, a definição das nascentes é realizada admitindo-se em cada início de canais de 1º ordem da rede de drenagem um ponto considerado como a nascente daquele curso.

Para exemplificar podemos citar os trabalhos de Gonçalves et al. (2012) e Guimarães e Guimarães (2016) que, para a delimitação das APP de cursos d'água e nascentes utilizaram a hidrografia definida na base cartográfica do IBGE, na escala 1:50.000. Da mesma forma, Neto et al (2015) utilizaram a rede de drenagem extraída de carta topográfica na escala de 1:100.000; Tabalipa e Vieira (2018) utilizaram a rede

de drenagem extraída de forma automática a partir de MDE, gerado por meio da base cartográfica do município analisado, em escala desconhecida, com curvas de nível equidistantes em 1 metro.

Porém, autores como Sampaio e Augustin (2014), Sousa e Sampaio (2015), advertem que a rede de drenagem é, em geral, o elemento que apresenta as mais significativas imprecisões em uma base cartográfica em função de fatores diversos que interferem em seu processo de produção, devido à subjetividade dos métodos de fotointerpretação e mapeamento automatizado.

Até a década de 1990, predominava a restituição aerofotogramétrica como técnica de mapeamento da rede de drenagem. A partir dos anos 2000, cresceram as propostas de aplicações de modelos digitais de elevação (MDE) com algoritmos de análise hidrológica no mapeamento automatizado da rede de drenagem (PAZ e SAMPAIO, 2021). Entretanto, sabe-se que no MDE não são representadas todas as variações topográficas que ocorrem na superfície, especialmente características mais detalhadas. Existem às próprias limitações do sensor remoto, à interferência da vegetação na obtenção da altimetria do terreno, à resolução espacial da imagem, às limitações nas representações de áreas planas, esses e outros fatores ocasionam diferenças entre a rede de drenagem obtida por procedimentos automáticos e a que ocorre na paisagem (GARBRECHT et al., 2001 apud SOUSA, 2016).

Como demonstrado nos estudos de Lima e Cunha (2014), Bosquilia (2016), Bueno (2016) e Sousa e Sampaio (2018), os produtos cartográficos resultantes dos métodos citados apresentam inconsistências principalmente atreladas a erros de omissão (rios não mapeados) ou comissão (rios mapeados e não encontrados em campo), no caso de rios de primeira ordem principalmente.

Neste sentido, Lima e Cunha (2014) ao compararem a rede de drenagem de uma carta topográfica (escala 1:100.000) e a drenagem resultante da extração automática a partir do MDE (SRTM) em uma bacia de 468 km², identificaram uma divergência de 252 canais a mais na rede extraída do MDE em comparação à carta topográfica, resultando numa diferença no comprimento total dos canais de 248 Km. Após verificações em campo, constataram que havia uma omissão na carta topográfica de 46 canais, e um erro de comissão de 206 canais com relação à

drenagem gerada por extração automática, demonstrando que ambas as bases apresentavam erros.

Já Sousa e Sampaio (2015) ao avaliarem a acurácia do mapeamento da rede de drenagem de uma base cartográfica na escala 1:50.000, após levantamento de campo, verificaram inconsistências, sendo que, de uma amostragem de 656 canais de drenagem, 309 não correspondiam a rios de primeira ordem. Dos 347 canais restantes, 234 eram efetivamente de primeira ordem e mapeados corretamente, porém, outros 100 foram incluídos na base cartográfica de forma equivocada, além de que 13 cursos d'água foram mapeados erroneamente, uma vez que se tratavam de canais de primeira ordem, cartografados como rios de outras ordens, resultando na omissão de 13 nascentes.

No que se refere ao mapeamento das Áreas de Preservação Permanente - APP, Guimarães e Guimarães (2016) apontam que nos últimos anos (principalmente antes da disponibilização de produtos com melhor resolução espacial, a exemplo das imagens ASTER e do projeto Topodata elaborado pelo INPE) uma quantidade significativa dos mapeamentos de delimitação de APP têm sido elaborados a partir das imagens SRTM disponibilizadas pela Embrapa ou bases vetorizadas do IBGE na escala de 1:50.000, em função da fácil aquisição destas bases.

Ainda assim, apesar da relativa fácil aquisição, essas bases não apresentam escalas compatíveis ao mapeamento de APP em nível de detalhe local. Como avaliaram Marion e Sampaio (2018), a maioria dos estudos que empregam redes de drenagem utilizam produtos cartográficos de escalas médias (1:50.000 ou menores), sendo que apenas 3 dos 34 estudos avaliados por estes autores utilizaram cartas com escala maior ou igual a 1:10.000.

No entanto, estudos vêm demonstrado discrepâncias entre os mapeamentos feitos a partir de bases e escalas distintas. Miranda e Figueiredo (2020), por exemplo, ao compararem as APP de cursos d'água geradas a partir da rede de drenagem extraída de três bases distintas (1:250.000, 1:50.000, e outra elaborada a partir de levantamentos de campo), verificaram uma subestimação em área de APP de 27% e 32% em relação a área mapeada como verdadeira. Já em relação ao comprimento total do canal a perda foi de 53% e 48%. As discrepâncias observadas nesse trabalho

não se referem somente ao computo da APP ou no comprimento total do canal, mas também na suavização na sinuosidade, e deslocamento do canal entre as redes avaliadas, inconsistências essas inerentes ao processo da generalização cartográfica em função da escala.

Guimarães e Guimarães (2016) delimitaram e compararam APP utilizando cinco bases distintas, sendo: carta topográfica na escala de 1:50.000 do IBGE; imagem SRTM com resolução de 90m; imagem do projeto TOPODATA, com resolução espacial de 30m; imagem ASTER V2, com resolução espacial de 30m; e base vetorial disponibilizada pelo Codemig, com curvas de nível equidistantes em 10m. Como resultado, verificaram uma diferença entre todas as áreas de APP avaliadas, principalmente na APP de declividade onde a diferença em área total chegou a ser seis vezes maior de uma base para as demais, concluindo que as áreas mais restritivas em geral foram àquelas geradas a partir da base cartográfica do IBGE e da imagem ASTER V2, ou seja, as de melhores resoluções espaciais.

Segundo Silva e Kobiyama (2004) a escala influencia na interpretação da rede de uma bacia e sua consequente análise e ordenamento, sendo que, com a melhoria da escala, mais tributários aparecem e os trechos de primeira ordem aumentam em número, alterando, desta forma, o quantitativo das APP decorrentes dessa base.

Situação essa avaliada por Taniwaki et al. (2018), que, quando analisaram os rios declarados no Sistema do Cadastro Ambiental Rural (SICAR) em escala 1:50.000, observaram uma diferença de 80% no comprimento dos cursos d'água de primeira ordem quando avaliados na escala 1:10.000 (material mais preciso disponível para área de estudo), sugerindo que essa seria a escala mais indicada para esse tipo de diagnóstico ambiental.

Por isso, Fonseca e Augustin (2014) defendem a importância da verificação a campo do mapeamento da rede de drenagem, dado as inúmeras incertezas encontradas nas bases cartográficas, ressaltando que atualizar redes de drenagem antes da realização de estudos deve se tornar um procedimento trivial. Cartas topográficas, procedimentos de extração automática e o mapeamento por fotointerpretação, apresentam problemas que influenciam de forma direta os estudos que dependem de análises a partir da rede de drenagem.

Atualmente a identificação em campo da nascente é pressuposto para a delimitação da APP do curso d'água, que se origina após o final do seguimento efêmero, onde tem início o afloramento da água subterrânea (SOUZA et al., 2019), visto que o Código Florestal vigente diferencia os canais em regime perene, intermitente e efêmero, excluindo as faixas marginais protetoras deste último, classificação essa somente possível de identificação por meio de levantamentos de campo.

2.4 CURSOS D'ÁGUA COM REGIME DE FLUXO INTERMITENTE E EFÊMERO

Rios intermitentes e córregos efêmeros representam metade da rede fluvial global, abrangendo todos os climas e biomas (DATRY et al., 2014; SCHENEIDER et al., 2017). São mais frequentes em áreas áridas e semiáridas, mas também estão presentes em áreas temperadas, tropicais úmidas, boreais e alpinas, onde estão localizadas principalmente em cabeceiras (COSTIGAN et al., 2017).

De acordo com Christofolletti (1980), os canais efêmeros, são definidos como aqueles que comportam água apenas no momento das chuvas e imediatamente após as precipitações, sendo o escoamento uma resposta direta da precipitação já que o nível de água subterrânea é sempre menor que o nível do canal (SOPHOCLEOUS, 2002). Levick et al. (2008) corroboram com essa definição e consideram efêmeros os rios nos quais só ocorre o escoamento após um evento de chuva, por águas resultantes do escoamento superficial e/ou contidas na zona de aeração. Já os rios intermitentes têm curso contínuo em determinadas épocas do ano, quando recebem fontes de águas superficiais, subterrâneas ou, por exemplo, de derretimento de geleiras.

Os canais efêmeros são caminhos longitudinais críticos para a transferência de água, energia, materiais e organismos, mesmo quando as águas superficiais estão ausentes (DATRY et al., 2017). Esses fluxos de subsuperfície podem conectar seções perenes em partes secas das redes, fornecendo abastecimento de água (DATRY et al. 2014) e um refúgio para organismos em vários pontos do seu ciclo de vida

(STUBBINGTON, 2012). Além disso, os rios intermitentes e canais efêmeros também podem ser essenciais para caminhos laterais, movendo água, energia, materiais e organismos para dentro e fora de zonas ribeirinhas adjacentes, planícies aluviais e zonas húmidas, promovendo assim a manutenção desses ecossistemas altamente valiosos (ACUNA et al. 2014, BOULTON 2014, STEWARD et al. 2012).

A maioria dos córregos efêmeros e intermitentes são pouco caracterizados, ou não caracterizados, com relação à extensão espacial, magnitude, frequência e duração do fluxo superficial, embora as bacias de cabeceiras e suas nascentes sejam sensivelmente propensas a mudanças hidrológicas (JAEGER; OLDEN; PELLAND, 2014).

Valente e Gomes (2005) consideram que a sazonalidade é elemento fundamental na hidrologia e hidrogeologia dos aquíferos, e é através dela que os corpos hídricos podem ser considerados perenes, intermitentes ou efêmeros, sendo que a perenidade é garantida pela manutenção do fluxo de base (*baseflow*) durante todo o ano hidrológico (CUSTODIO e LLAMAS, 1976; WARD e TRIMBLE, 2004).

De acordo com Graaf et al. (2019), a abundância dos canais intermitentes e efêmeros está aumentando devido às mudanças climáticas e à retirada de água para atividades humanas. Esses cursos de água contribuem para a biodiversidade local e regional das redes fluviais, bem como para sua integridade funcional e bioquímica, e fornecem muitos serviços ecossistêmicos, como regulação de enchentes, recarga de aquíferos, além de desempenhar um importante papel nos ciclos biogeoquímicos (DATRY et al., 2018; SCHILLER et al., 2019).

Apesar de sua abundância na composição da rede fluvial global e de sua importante função ecossistêmica, conforme apontam Acunã et al. (2014), Datry et al. (2014), e Larned et al. (2014), esses rios estão sendo degradados a taxas alarmantes devido às alterações hidrológicas, incluindo a extração de água, coleta e armazenamento de águas de inundação (*flood harvesting*), geralmente utilizada, para irrigação, represamento de rio, modificação do canal, aterramento, tubulação, mudança no uso da terra e mineração. Em muitas áreas, são usados como canais para despejo de efluentes de minas, agrícolas e urbanos, como corredores para

veículos e gado, e como locais para mineração de cascalho e areia (STEWART et al., 2012).

Estas extensas e severas degradações são consequências de sua falta de reconhecimento, da má compreensão de suas funções e importância, estratégias de gestão e políticas inadequadas (DATRY et al., 2014).

No Brasil, até a publicação da edição do Código Florestal de 2012 todos os cursos d'água, sem distinção de regime de fluxo, e suas faixas marginais eram objeto de preservação ambiental na forma de "Áreas de Preservação Permanente – APP". Com a edição do novo código, como definido em seu artigo 4º, inciso I (BRASIL, 2012a), além do legislador diferenciar os cursos d'água pelo seu regime de fluxo em perenes, intermitentes e efêmeros, acabou por excluir este último do regime de proteção legal:

Art. 4º Considera-se Área de Preservação Permanente, em zonas rurais ou urbanas, para os efeitos desta Lei:

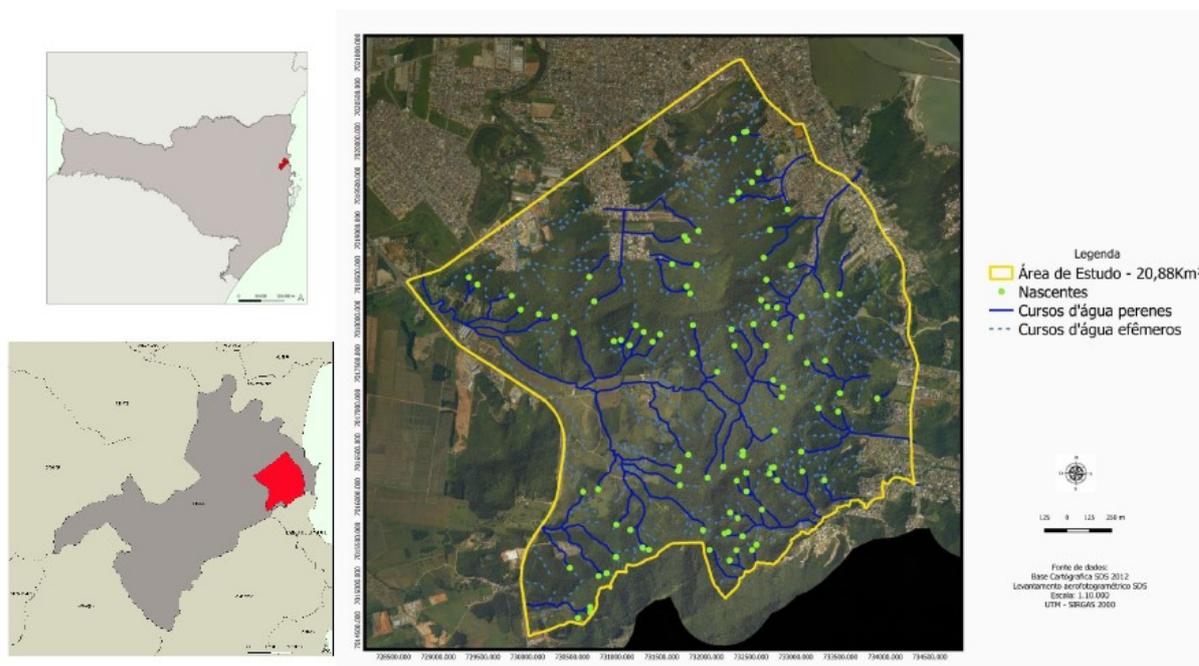
*I - as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, **excluídos os efêmeros**, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de ... (grifo).*

Em função desta, e de outras alterações promovidas no "Novo Código Florestal", a comunidade científica, organizações não governamentais e a sociedade civil têm promovido amplo debate, uma vez que a nova redação da lei aplicada acaba por reduzir consideravelmente as áreas de proteção dos recursos hídricos, resultando em um claro retrocesso na proteção ao meio ambiente, principalmente aos ecossistemas de água doce, zonas ripárias e cabeceiras.

3 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo se encontra inserida no município de Itajaí/SC, em seu perímetro urbano, totalizando uma área de 20,88 Km², conforme apresentado na Figura 3.

Figura 3: Mapa de localização da área de estudo.



O clima de Itajaí corresponde, de acordo com a classificação climática de Köppen, ao tipo *Cfa*, qual caracteriza as regiões das matas tropicais e subtropicais, como sendo quentes, temperadas, e sempre-úmidas.

A área de estudo é composta principalmente por uma cadeia de montanhas denominada como “Morraria da Ressacada”, a qual abriga o Parque Municipal da Ressacada, criado em 1982.

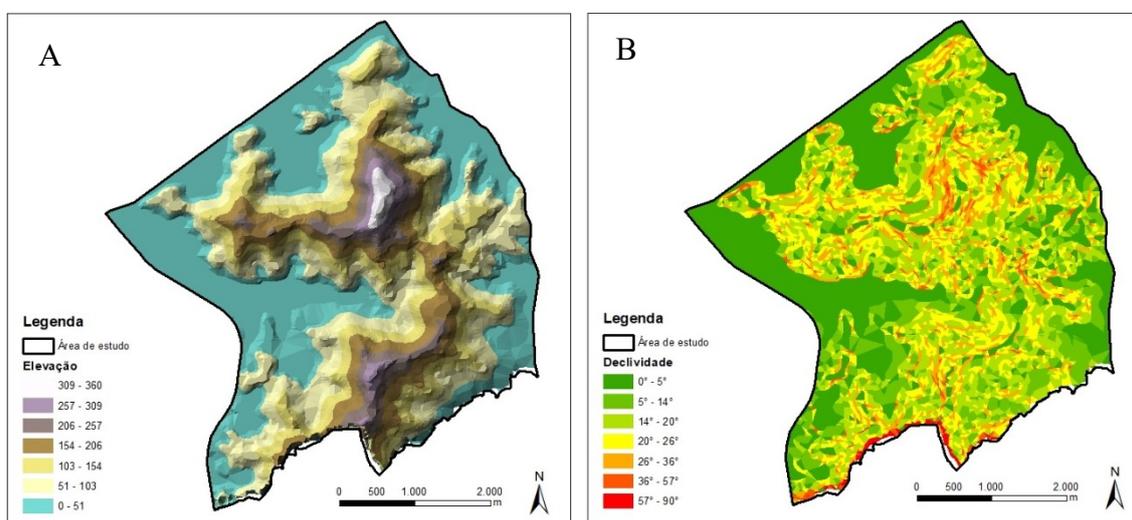
Uma vez que esse Parque não se encontra devidamente delimitado e implantado, carecendo de adequações ao SNUC (Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza), entre os anos de 2012 e 2014, o Instituto Itajaí Sustentável - INIS, órgão do SISNAMA de controle e responsável pela execução das políticas ambientais em Itajaí, realizou um levantamento dos recursos hídricos nessa morraria,

a fim de subsidiar uma nova proposta para a delimitação e efetivação do Parque Municipal Natural da Ressacada.

A escolha desta área se deu em função da disponibilidade dos dados referentes ao levantamento de campo e mapeamento das nascentes identificadas na área de estudo.

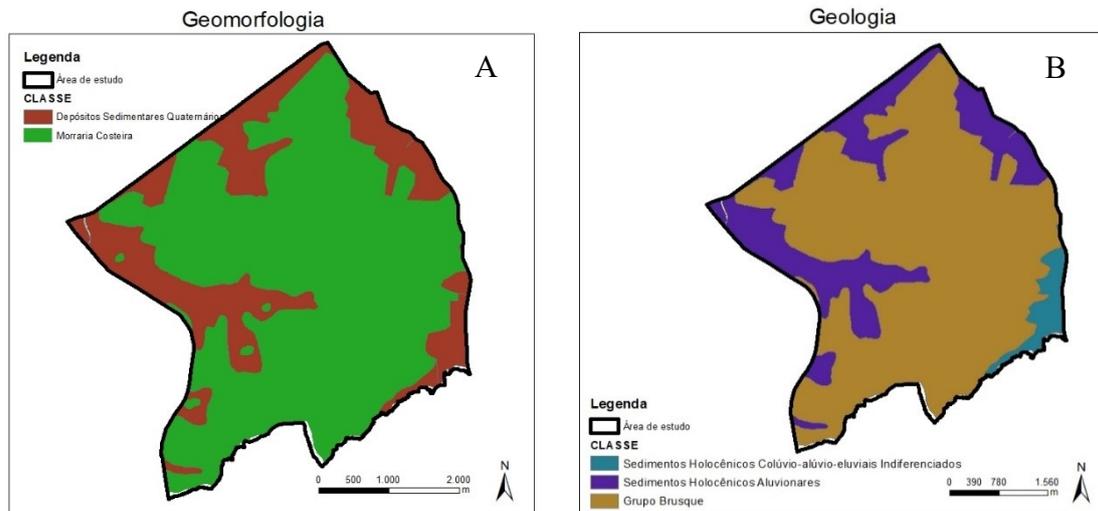
Com relação ao relevo, o mesmo é constituído por planícies, depósitos de encosta e morros (Figura 5 – A). O relevo na área de estudo apresenta altitudes moderadas, não ultrapassando os 360 metros (NM), e declividades médias variando de 14 a 36° (Figura 4 – A e B).

Figura 4: Mapa de elevação (A) e de declividade (B) da área de estudo.



Com relação à geologia a área de estudo é representada, de maneira geral por depósitos sedimentares quaternários, associados às planícies costeiras e aluvionares, e por rochas metamórficas como quartizitos, filitos e sericita-xistos da sequência vulcano-sedimentar do Complexo Brusque, associadas à morraria (Figura 5 - B).

Figura 5: Detalhe da geomorfologia (A) e da geologia (B) da área de estudo.



Bedin (2013) ressalta que a Morraria da Ressacada apresenta fortes declividades, abrigando um dos maiores remanescentes de Floresta Ombrófila Densa, em diferentes estágios sucessionais, na área urbana da região.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 MATERIAIS

Para a realização deste trabalho foram utilizados os seguintes materiais e software:

- **IBGE (1)** - Base Cartográfica digital do EPAGRI/IBGE na escala 1:50.000 (2004) – vetor: CURSOS_DE_AGUA;
- **IBGE (2)** - Base Cartográfica digital do IBGE na escala 1:25.000 (2020) – vetor: hidrografia;
- **SC/SDS (A e B)** - Base Cartográfica digital do Estado de SC/SDS na escala 1:10.000, empresa executora Engemap Geoinformações (2010/2012) – vetores: HID_Trecho_Drenagem e CURSO_DAGUA;
- **ITAJAÍ** - Base Cartográfica digital da Prefeitura de Itajaí na escala 1:10.000, executada pela Aeroimagem S/A (2007) – vetores: rio_perene,

rio_intermitente, curvas_mestras e curvas_intermediárias (equidistantes em 5 metros);

- **REDE ATUALIZADA** - Dados de campo coletados com auxílio de GPS de navegação, modelo GPSMAP 76CSx Garmin com precisão máxima de 3 metros (levantamento de campo realizado no período de agosto 2012 a abril de 2014). Vetores: rede de drenagem atualizada; nascente; curso d'água perene; curso d'água efêmero.
- Fotografias aéreas ortorretificadas do município de Itajaí na escala 1:10.000 (2007);
- Fotografias aéreas ortorretificadas do município de Itajaí do levantamento do Estado de SC/SDS na escala de 1:10.000 (2010/2012);
- Sistema de Informação Geográfica - SIG - QGis Desktop 3.18.

Todos os dados vetoriais e matriciais citados foram inseridos no SIG QGis Desktop 3.18, onde foi estruturado o banco de dados deste trabalho. Para a delimitação das APP foram utilizadas ferramentas de geoprocessamento disponibilizadas nesse sistema. Foi priorizada a utilização do SIG QGis por ser um software livre e de simples interface.

4.2 LEVANTAMENTO DAS NASCENTES E ATUALIZAÇÃO DA REDE DE DRENAGEM DA BASE CARTOGRÁFICA DE ITAJAÍ (2007)

O levantamento de campo e mapeamento das nascentes existentes na área de estudo foi realizado entre agosto de 2012 e abril de 2014 por Analistas Ambientais do Instituto Itajaí Sustentável - INIS, contando também com a participação voluntária de alunos da Universidade do Vale do Itajaí (UNIVALI). Para isso, foi percorrida a área de estudo a partir dos exutórios dos canais. É importante destacar que este levantamento teve como objetivo principal a identificação de nascentes e o reconhecimento do potencial hídrico do local, para subsidiar uma proposta de nova delimitação do Parque Natural Municipal da Ressacada. Como desdobramento foi realizada a atualização da rede de drenagem definida na base cartográfica digital da prefeitura de Itajaí (2007), em escala 1:10.000.

Para os trabalhos de campo foram elaboradas cartas topográficas das áreas a serem levantadas, com a representação das curvas de nível, equidistantes em 5 metros, extraídas igualmente da base cartográfica de Itajaí (2007). Em campo as feições geomorfológicas interpretadas nas cartas topográficas como talvegues foram vistoriadas e atualizadas.

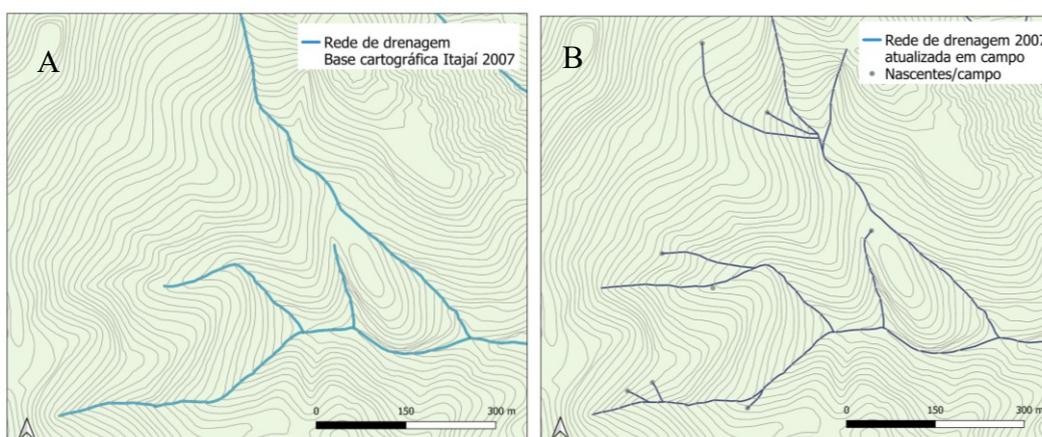
Identificados os talvegues, quando os mesmos apresentavam fluxo de água corrente, o canal era percorrido até seu ponto de afloramento, onde então, se procedia o mapeamento das feições de nascentes com a utilização de um GPS de navegação. Neste percurso, todas as ramificações encontradas no canal principal eram igualmente percorridas e mapeadas.

Quando o talvegue representado na carta topográfica era identificado em campo, porém, não apresentava fluxo de água corrente, o mesmo era classificado na carta como “curso d’água efêmero”, mas não percorrido.

Os talvegues identificados em campo, cuja feição não estava representada na carta, devido à generalização e suavização do terreno em função da escala da base cartográfica, foram inseridos.

Em gabinete, no Sistema de Informação Geográfica - SIG, as coordenadas das nascentes e os canais mapeados em campo foram inseridos, e a rede de drenagem atualizada, como demonstrado na Figura 6.

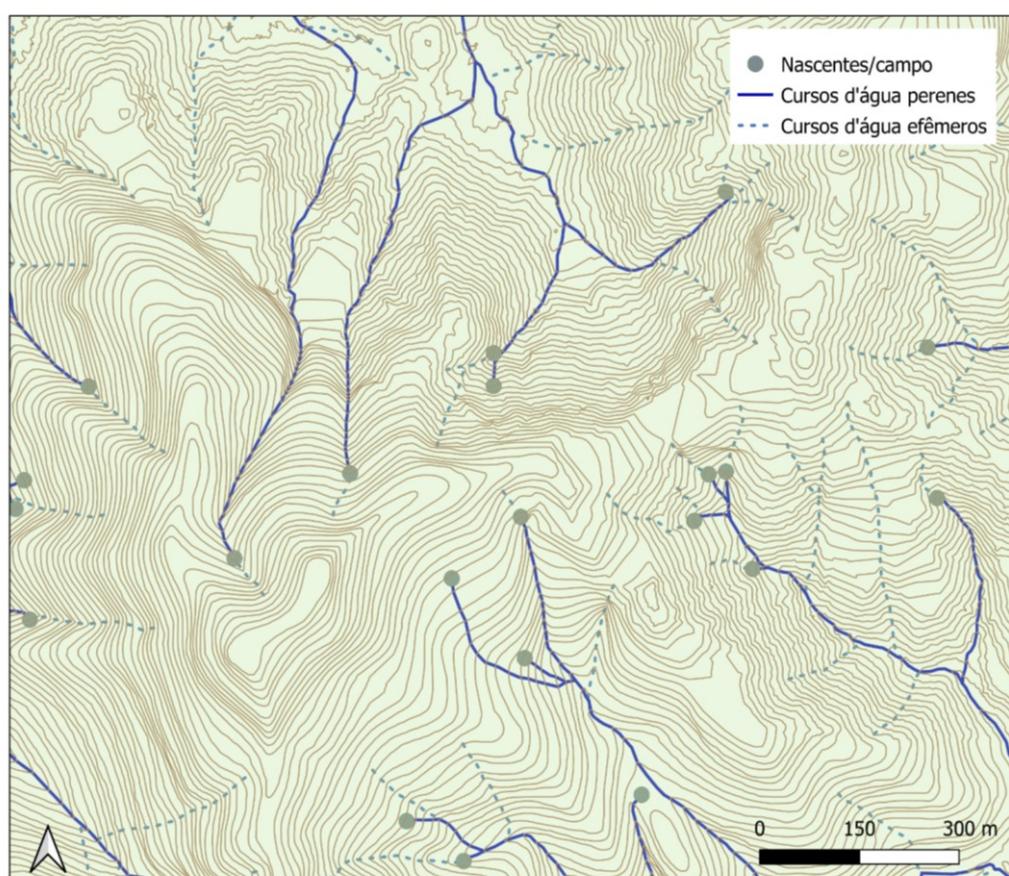
Figura 6: (A) Rede de drenagem disponibilizada na base cartográfica digital de Itajaí (2007); (B) Rede de drenagem atualizada após levantamento de campo (2012-2014).



O traçado da rede de drenagem atualizada foi definido por meio de fotointerpretação, a partir das feições de talvegues identificados na base topográfica,

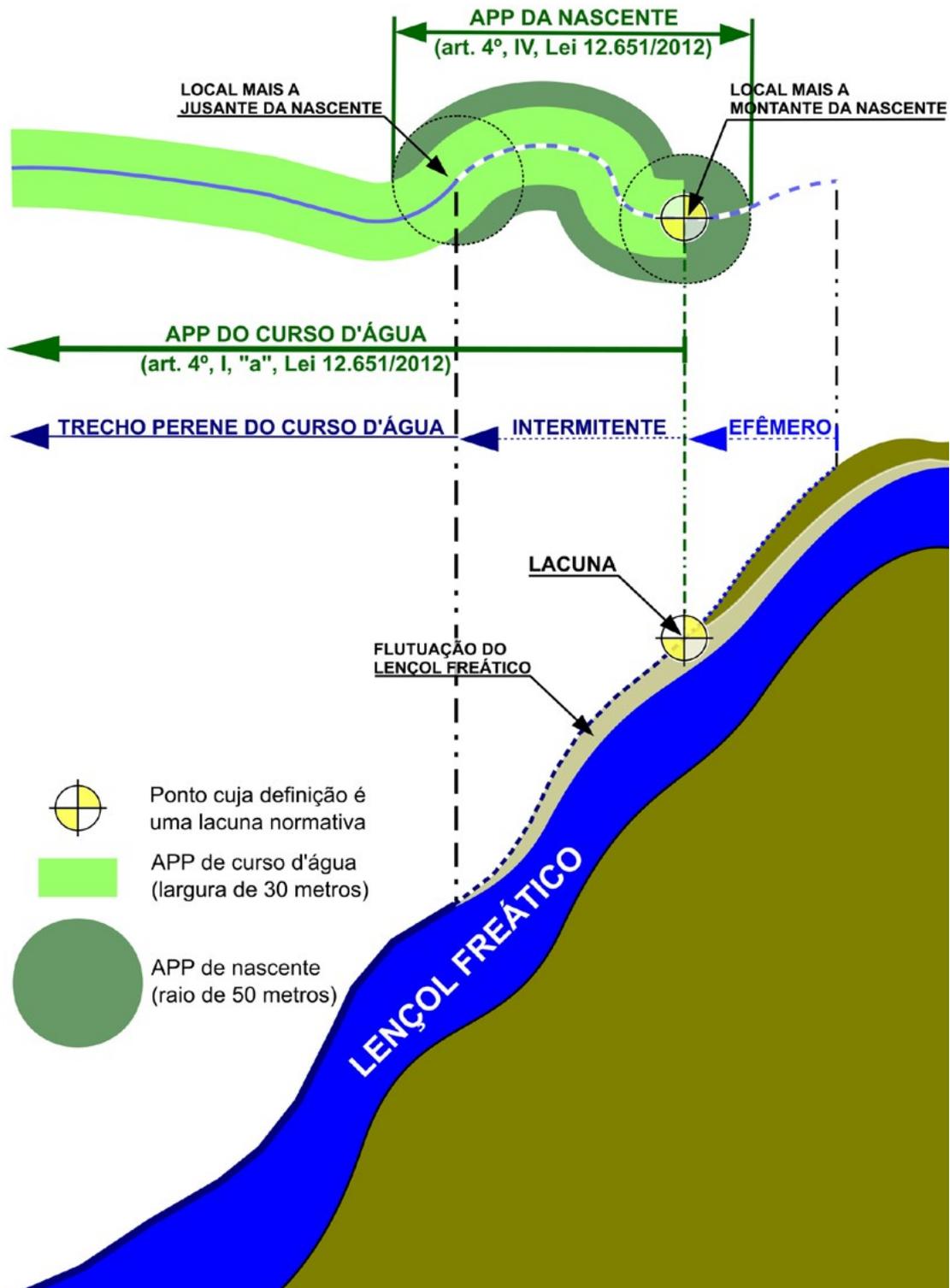
com curvas de nível equidistante em 05 metros, e dos canais e nascentes identificados em campo. Os canais posteriormente foram classificados conforme o regime de fluxo identificado e interpretado em campo (Figura 7), sendo os canais que não apresentavam fluxo de água corrente classificados como “cursos d’água efêmeros”, e os canais que apresentavam fluxo e nascente identificada, classificados como “cursos d’água perenes”.

Figura 7: Rede de drenagem atualizada tendo os canais diferenciados e classificados como cursos d’água perenes e cursos d’água efêmeros, a partir das condições de fluxo hídrico observadas em campo e da identificação das nascentes.



Outra situação observada em gabinete foi a identificação de nascentes mapeadas, que indicavam o início do curso d’água perene, sendo que, à montante da nascente a feição do talvegue era bem definida. Esse trecho definido do talvegue até o ponto de nascente foi igualmente classificado como “curso d’água efêmero”, como proposto por Souza et al. (2019), conforme demonstrado na Figura 8, podendo o resultado do mapeamento ser visualizado também na Figura 7.

Figura 8: Perfil esquemático das três modalidades de cursos d'água previstas na Lei nº 12.651, de 2012, e da respectiva APP, com destaque para o trecho intermitente formado por nascente móvel, cujo ponto de início do afloramento (montante) constitui lacuna técnica e normativa.



Fonte: Souza, Chaffe, Pinto, Nogueira (2019).

Ainda, em consideração à Figura 8, não foi possível em campo identificar o trecho intermitente dos canais, conforme indicado na figura, uma vez que os mesmos foram vistoriados uma única vez, e a determinação da flutuação no espaço/tempo das nascentes (nascentes móveis) e a definição desse trecho intermitente demandaria uma avaliação durante pelo menos o ano hidrológico. Ressaltamos que este não foi o objetivo do levantamento de campo das nascentes realizado, que pretendia verificar o potencial hídrico da área pretendida para se justificar a nova delimitação do Parque Natural Municipal da Ressacada.

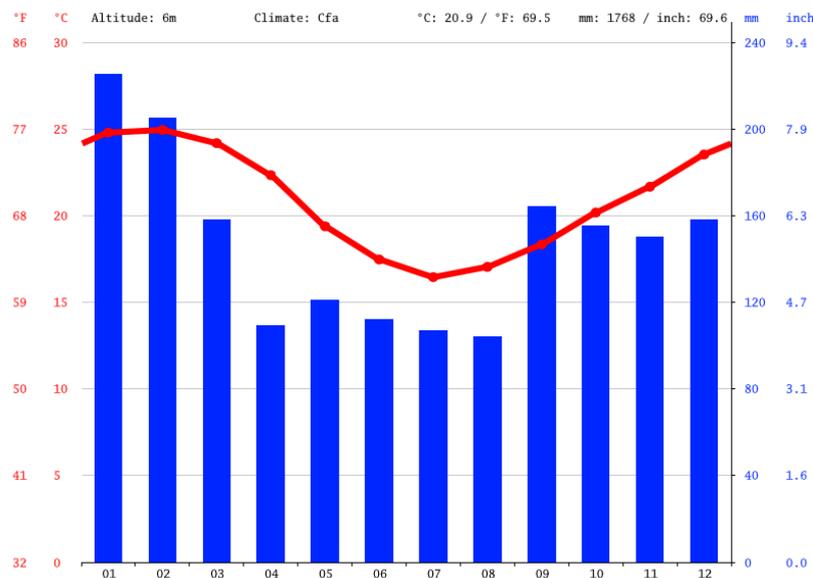
A classificação dos canais que não apresentavam fluxo de água corrente em canais efêmeros se deu em campo, considerando as características climáticas de Itajaí, assim como, em função de algumas características dos canais visualizadas em campo.

Não foi considerada a ocorrência de cursos d'água intermitentes na área de estudo em função da não observância da sazonalidade climática na área de estudo indicando períodos de estiagem, já que Itajaí apresenta um alto índice pluviométrico distribuído durante todos os meses do ano. Porém, ressaltamos que este foi um critério de classificação utilizado, uma vez que cada canal mapeado foi visitado uma única vez, dentro do período de agosto de 2012 e abril de 2014, não sendo possível o acompanhamento dos mesmos durante o ano hidrológico, já que, como anteriormente citado, este não foi o objetivo do levantamento de campo à época.

Segundo a classificação de Köppen e Geiger, o clima é Cfa, com temperatura média de 20.9 °C., sendo o valor da pluviosidade média anual de 1.768 mm. Agosto costuma ser o mês mais seco com índice pluviométrico médio de 104 mm. Com uma média de 225 mm o mês de Janeiro é o mês de maior precipitação, sendo que o mês mais seco tem uma diferença de precipitação de 121 mm em relação ao mês mais chuvoso (CLIMATE-DATA.ORG, 2021).

Esses dados climáticos são relativos às médias de dados aferidos entre os anos de 1999 e 2019, e podem ser observados na Figura 9 e Tabela 1.

Figura 9: Temperaturas e Precipitações médias mensais em Itajaí (1999-2019).



Fonte: Climate-Data.org (2021).

Tabela 1: Dados climatológicos para Itajaí (1999-2019).

| | Janeiro | Fevereiro | Março | Abril | Maior | Junho | Julho | Agosto | Setembro | Outubro | Novembro | Dezembro |
|-------------------------|---------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|----------|---------|----------|----------|
| Temperatura média (°C) | 24.8 | 24.9 | 24.2 | 22.3 | 19.4 | 17.5 | 16.5 | 17 | 18.3 | 20.2 | 21.7 | 23.5 |
| Temperatura mínima (°C) | 22.7 | 22.9 | 22.2 | 20.2 | 17.2 | 15.3 | 14.2 | 14.8 | 16.3 | 18.3 | 19.7 | 21.5 |
| Temperatura máxima (°C) | 27.2 | 27.4 | 28.6 | 24.8 | 21.9 | 20.2 | 19.2 | 19.9 | 20.9 | 22.5 | 24 | 25.9 |
| Chuva (mm) | 225 | 205 | 158 | 109 | 121 | 112 | 107 | 104 | 164 | 155 | 150 | 158 |
| Umidade(%) | 81% | 83% | 82% | 81% | 79% | 83% | 83% | 84% | 82% | 82% | 80% | 81% |
| Dias chuvosos (d) | 17 | 15 | 15 | 10 | 9 | 7 | 8 | 8 | 10 | 13 | 13 | 14 |
| Horas de sol (h) | 7.3 | 7.3 | 6.8 | 6.4 | 6.0 | 5.7 | 5.7 | 5.5 | 5.2 | 5.1 | 5.9 | 6.7 |

Fonte: Climate-Data.org (2021).

Com relação às características dos canais mapeados em campo e classificados como efêmeros mapeados, podemos indicar algumas características empíricas observadas durante o levantamento *in situ*.

A grande maioria dos canais se localizam nas cabeceiras, sendo principalmente de 1ª ordem, apresentando talvegues pouco desenvolvidos, com pouca ou nenhuma presença de seixos, cascalhos ou areia na formação de seu leito, apenas sedimento argiloso compactado em função do trabalho das águas nos períodos de precipitação, podendo apresentar pontos de empoçamentos em pequenas depressões, justamente em função do fundo pouco permeável argiloso.

Alguns se encontravam recobertos por serrapilheira, ou mesmo braquiária nos locais mais degradados. Alguns exemplos de cursos classificados como efêmeros podem ser observados na Figura 10.

Figura 10: Cursos d'água classificados em campo como cursos efêmeros pela falta de fluxo de água corrente: (A) curso efêmero com leito recoberto por serrapilheira; (B) curso efêmero com leito predominantemente argiloso, sem presença de seixos; (C) curso efêmero recoberto por braquiária, em área de pastagem; (D) curso efêmero com leito pouco desenvolvido, argiloso e presença empoçamentos pontuais.



Fonte: arquivo pessoal da autora (12/08/2021).

Já os cursos perenes, mesmo aqueles com um fluxo hídrico pequeno, apresentavam canais mais desenvolvidos, com leito rochoso constituído por seixos arredondados de vários tamanhos, além de cascalhos e areia (Figura 11).

Figura 11: Cursos d'água classificados em campo como perenes: (A) curso perene com leito definido e fundo composto principalmente por cascalhos e areia, localizado em área de pouca declividade. (B), (C) e (D) cursos perenes com leito rochoso, presença de seixos arredondados, cascalho e areia.

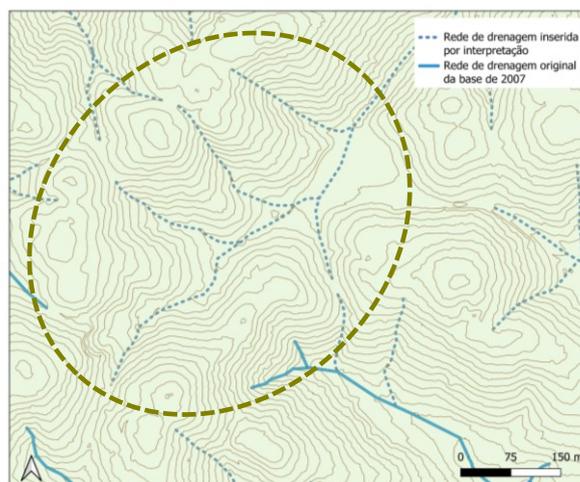


Fonte: arquivo pessoal da autora - fotos A e B (12/08/2021), fotos C e D (14/09/2012).

Desta forma, considerando os conceitos e observações aqui abordados, os cursos identificados em campo foram mapeados e classificados como “perenes” ou “efêmeros”.

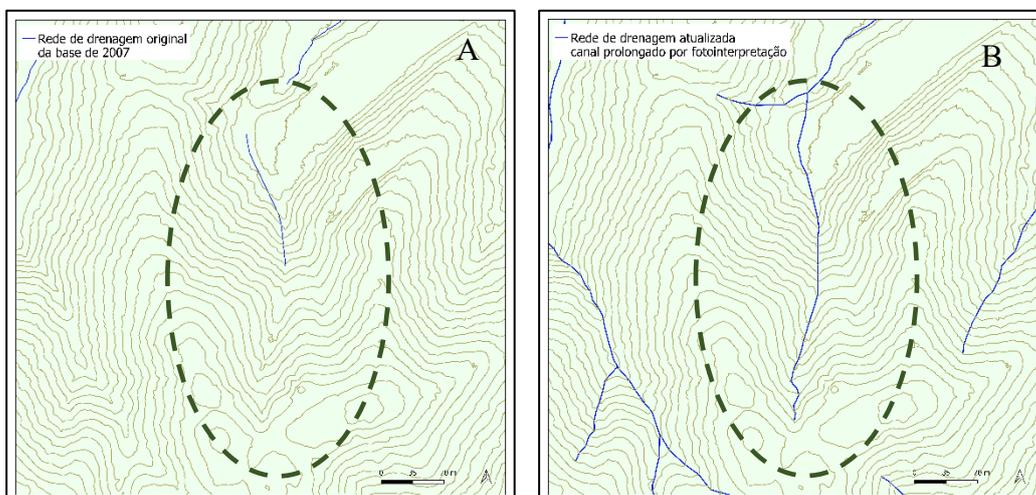
Outra atualização realizada na rede de drenagem foi a inserção, em gabinete, de canais, principalmente de primeira ordem, não identificados e mapeados em campo, porém interpretados na base cartográfica (Figura 12). O fato deles não terem sido identificados em campo é porque se tratavam de ramificações de canais principais classificados em campo como efêmeros, que não foram percorridos por não apresentarem fluxo de água corrente.

Figura 12: Em detalhe exemplo de canais efêmeros mapeados por meio de interpretação da base cartográfica de Itajaí (2007), com curvas de nível equidistantes em 05 metros.



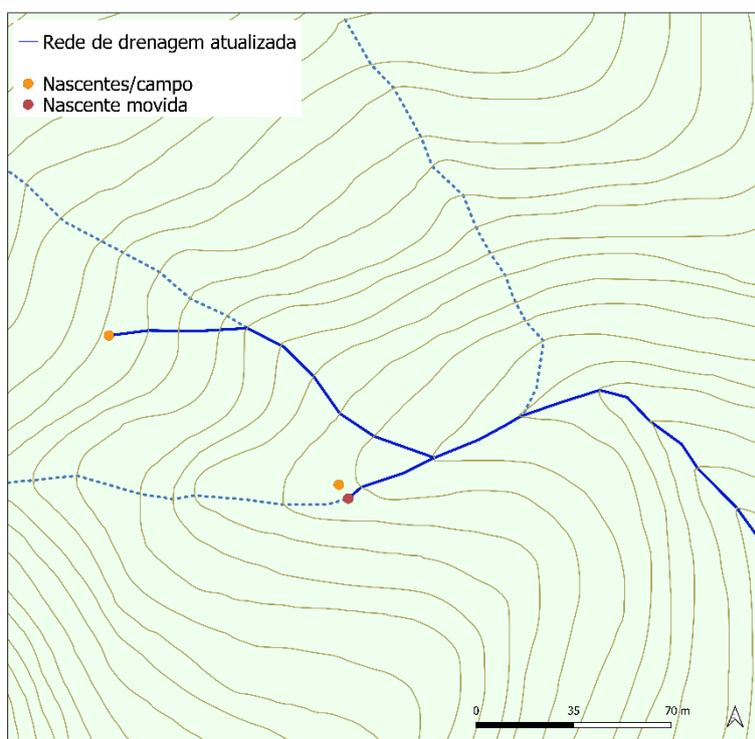
Por fotointerpretação, houve também o prolongamento de canais de primeira ordem que na rede de drenagem da base cartográfica original não correspondiam a toda extensão do talvegue interpretado, como demonstrado na Figura 13.

Figura 13: Exemplo de canal prolongado por fotointerpretação. Em detalhe (A) canal da rede de drenagem original (2007), e (B) canal atualizado e prolongado.



Com relação às nascentes mapeadas em campo, em função da precisão tanto do GPS de navegação (precisão horizontal de 13 metros) quanto da própria base cartográfica (1:10.000), alguns pontos ficaram muito próximos a feição do talvegue (de 1 à 10 metros). Mesmo as nascentes não sendo um ponto fixo, atreladas a um talvegue, esses pontos foram editados e movidos para o talvegue, por uma questão de coerência cartográfica, como ilustrado na Figura 14. Outros pontos de nascentes onde na base não havia um talvegue correspondente foi gerado um novo curso d'água.

Figura 14: Exemplo de nascente mapeada em campo editada e movida para a linha de talvegue.



Ao final deste levantamento foram gerados os seguintes produtos cartográficos: rede de drenagem da base cartográfica de Itajaí (2007) atualizada; diferenciação desta rede em cursos d'água perenes e cursos d'água efêmeros; e pontos de nascentes levantadas em campo.

Para fins de avaliação e comparação das distintas bases cartográficas oficiais utilizadas neste trabalho, a rede de drenagem atualizada, os pontos de nascentes, e os cursos d'água perenes e efêmeros serão tomados como verdadeiros.

4.3 DELIMITAÇÃO DAS APPS

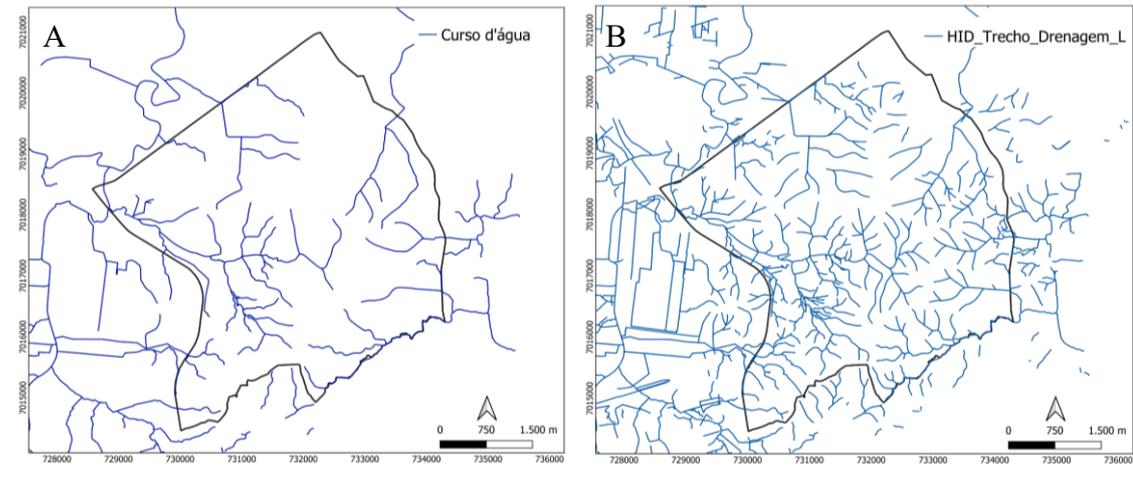
Nesta pesquisa será utilizada a metodologia usual para delimitação de Áreas de Preservação Permanente - APPs de cursos d'água e nascentes, como observado nos trabalhos de Gonçalves et al. (2012), Neto et al (2015), Gonçalves, Gaudêncio e Leal (2015), Guimarães e Guimarães (2016), Tabalipa e Vieira (2018), e Miranda e Figueiredo (2020), por exemplo, onde a rede de drenagem (de bases cartográficas ou extraídas de MDEs) é utilizada tanto para a definição pontual das nascentes, como para a definição dos cursos d'água.

Desta forma, a delimitação e o mapeamento das Áreas de Preservação Permanente - APPs referentes aos recursos hídricos (cursos d'água e nascentes) se deu a partir dos dados vetoriais referentes às redes de drenagem, definidas nas distintas bases cartográficas, em diferentes escalas, disponíveis para a área de estudo. Esses vetores serão admitidos como sendo *cursos d'água perenes*, para fins da aplicação do Código Florestal Brasileiro, uma vez que a diferenciação entre os regimes hidrológicos dos canais não é representada nessas bases.

No caso da base ITAJAÍ (2007), em escala 1:10.000, qual classifica sua rede de drenagem em duas feições vetoriais distintas, rio perene e rio intermitente, essas feições foram unificadas em um único arquivo vetorial, renomeado como "rede de drenagem", para posterior geração da APP correspondente. Uma vez que o Código Florestal impõe proteção legal aos dois tipos de cursos d'água, perenes e intermitentes, esta união não afeta o resultado final no mapeamento das APPs correspondentes.

Já a base cartográfica SC/SDS (2010), em escala 1:10.000, disponibiliza dois vetores diferentes relacionados a rede de drenagem, o vetor "CURSO_DAGUA", aqui denominado como **SC/SDS(A)**, e o vetor "HID_Trecho_Drenagem", denominado **SC/SDS(B)**. Pode-se verificar na Figura 15 que no vetor "CURSO_DAGUA" a rede de drenagem é mais generalizada e, desta forma, foram geradas e quantificadas as APPs a partir de cada um desses vetores para fins de comparação.

Figura 15: (A) Vetor da base cartográfica do Estado de SC/SDS 1:10.000 (2010) denominada “curso d’água”; (B) vetor disponibilizado na mesma base denominado “hid-trecho-drenagem-L”.



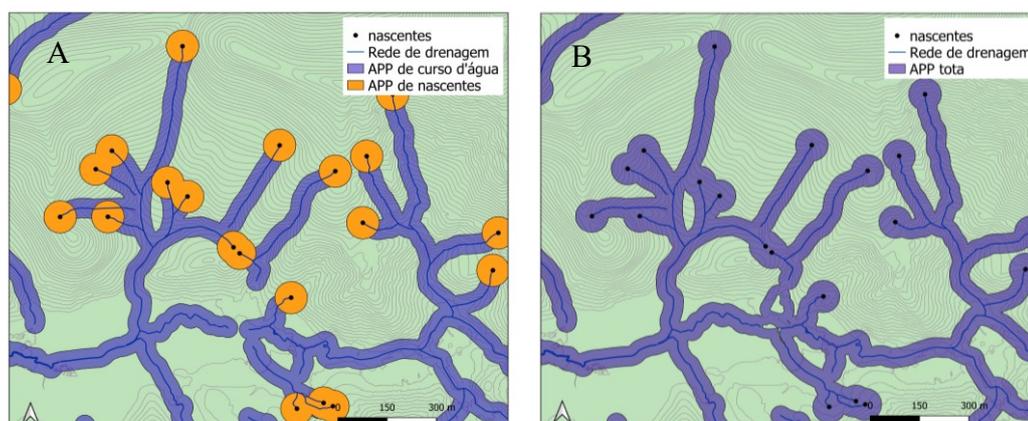
Tendo como dado de entrada os vetores correspondentes à rede de drenagem, por meio da ferramenta “*buffer*” do QGIS, foi gerada uma área correspondente ao afastamento marginal de 30 (trinta) metros, atendendo o disposto na Lei Federal 12.651/2012, artigo 4º, inciso I, alínea “a”, sendo essa a APP de curso d’água delimitada. Neste trabalho foi utilizado o parâmetro de afastamento de 30 metros marginais uma vez que os cursos d’água identificados em campo não apresentam largura de calha superior à 10 metros.

Para a delimitação e o mapeamento das APPs de nascente foi criado um vetor (ponto) no início de cada feição de curso d’água de primeira ordem, presentes nas diferentes bases cartográficas.

Para cada ponto atribuído como nascente, também utilizando a ferramenta “*buffer*”, foi gerada uma área referente ao raio de 50 (cinquenta) metros, conforme define o artigo 4º, inciso IV da Lei Federal nº 12.651/2012 (Figura 16 (A)).

Os processos acima foram gerados para todas as bases cartográficas disponíveis.

Figura 16: (A) Delimitação das APP de nascente e cursos d'água; (B) Delimitação da APP total dos recursos hídricos analisados a partir das APPs de nascentes e cursos d'água, unidas e mescladas em um único polígono, excluindo-se as sobreposições de áreas.



Posteriormente os polígonos gerados, referentes às APP de cursos d'água e de nascentes, foram unidos em um único vetor e mesclados, excluindo-se, desta forma, as sobreposições de áreas que alterariam na somatória e quantificação final das APP geradas (Figura 16 (B)).

No caso do mapeamento das APPs com base na rede de drenagem atualizada, qual será considerada como a APP verdadeira, foram utilizadas as feições das nascentes mapeadas em campo, e somente o vetor extraído da rede classificado como “curso d'água perene”, já que o Código Florestal vigente exclui os cursos d'água efêmeros para fins de delimitação de APP de curso d'água. Os procedimentos para a delimitação dessa APP (nascentes e cursos d'água) foram os mesmos já descritos, realizados nas demais bases.

4.4 COMPARAÇÃO ENTRE AS BASES CARTOGRÁFICAS

A avaliação e a comparação entre as redes de drenagens disponibilizadas pelas bases cartográficas avaliadas, utilizadas para fins da delimitação de APPs de recursos hídricos, se deu por meio da análise quantitativa dos dados gerados, assim como da análise quantitativa de parâmetros morfométricos, tomando a rede de drenagem atualizada como a verdadeira. Desta forma, foram analisados os seguintes parâmetros:

- Número total de nascentes;
- Quantidade de canais de primeira ordem;
- Área total de APPs (nascentes + cursos d'água) (Km²).
- Comprimento total de todos os canais de drenagem (Km);
- Densidade da rede de drenagem Dd (Km/Km²), calculada a partir do comprimento total dos canais de drenagem pela unidade de área.

As áreas das APPs e o comprimento total dos canais foram calculadas de maneira automática no SIG.

A densidade de drenagem (Dd) foi calculada a partir da fórmula:

$$Dd = \frac{Lb}{A} \quad (1)$$

Sendo Lb = comprimento total dos canais de drenagem e A = área total de estudo.

4.5 ANÁLISE DA EXCLUSÃO DE CURSOS D'ÁGUA EFÊMEROS NA DELIMITAÇÃO DE APP DE CURSOS D'ÁGUA

Para a avaliação das áreas de preservação de cursos d'água que deixaram de ser protegidas a partir da edição do Novo Código Florestal (2012), foi utilizado: o vetor da rede de drenagem atualizado, qual engloba todos os canais de curso d'água mapeados na área de estudo, sem diferenciá-los pelo seu regime hidrológico; e o vetor classificado, após o levantamento de campo, como curso d'água perene.

A partir desses dois vetores foram delimitadas as APPs referentes ao afastamento marginal de 30 metros. A partir do resultado, foi efetuada uma análise quantitativa com base nas áreas totais geradas, sendo a diferença entre elas equivalente a área que deixa de ser protegida devido a alteração da Lei.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 REDE DE DRENAGEM ATUALIZADA

A partir do levantamento de campo na área de estudo foi possível a identificação e o mapeamento de 107 nascentes no total. Com base neste mapeamento foi realizada a atualização da rede de drenagem da Base Cartográfica de Itajaí (2007), em escala de 1:10.000, que era a base mais comumente utilizada no Instituto Itajaí Sustentável - INIS à época do levantamento, onde se extrai os seguintes resultados:

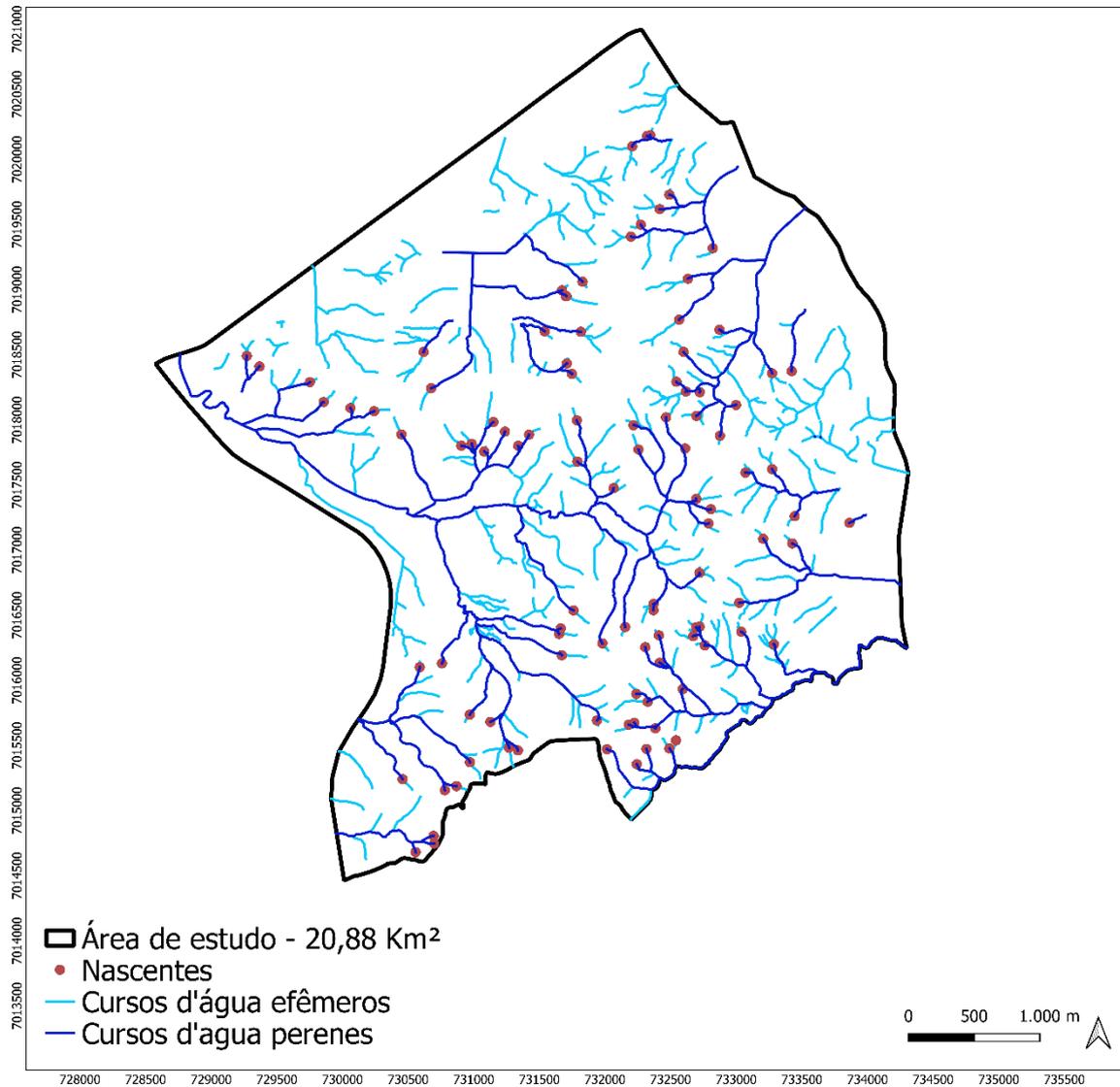
- Foram mapeados um total de 338 canais de primeira ordem, sendo que, destes, 231 foram classificados como canais efêmeros, ou seja, cursos d'água cujo deflúvio é unicamente das águas superficiais e subsuperficiais;
- Com base na rede de drenagem atualizada foi aferido que a somatória do comprimento dos canais é 112,03 Km, 54,23 Km a mais do que a base de Itajaí (2007) original;
- Considerando a área total estudada de 20,88 Km², a densidade de drenagem (Dd) foi calculada em 5,37 Km/Km², enquanto a densidade de drenagem da base original de 2007 é de 2,77Km/Km².

Os resultados levantados e as características avaliadas da rede de drenagem atualizada podem ser observados na Tabela 2, quais serão utilizados como referência na avaliação entre as demais bases cartográficas.

Tabela 2: Resultado dos parâmetros analisados para a rede de drenagem atualizada que serão considerados como verdadeiros, para fins de comparação entre as demais bases.

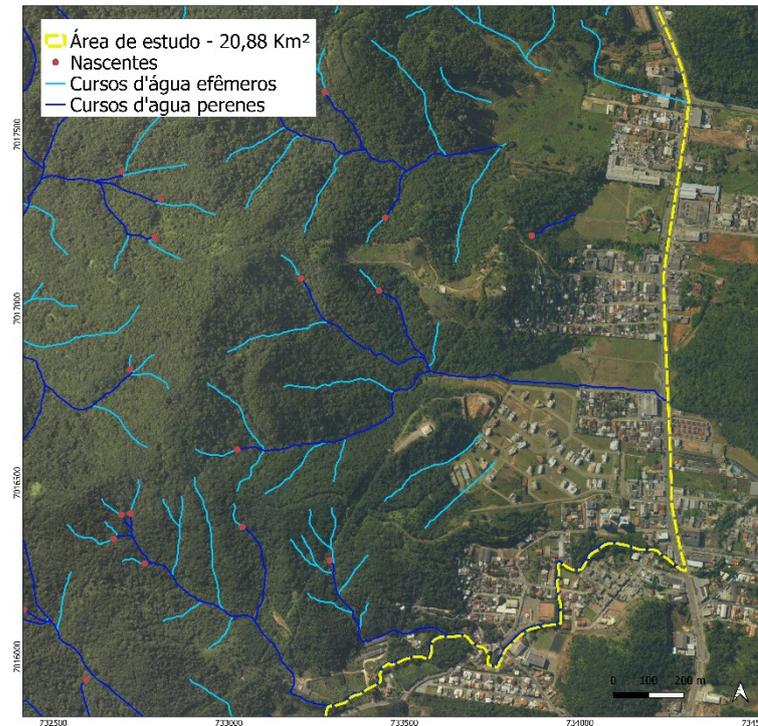
| Parâmetros | Rede de Drenagem atualizada |
|--|-----------------------------|
| Nº nascentes | 107 |
| Canais de 1ª ordem | 338 |
| Compr. total dos canais (Km) | 112,03 |
| Densidade de Drenagem (Km/Km²) | 5,37 |

Figura 17: Rede de drenagem atualizada a partir do levantamento de campo e interpretação da base cartográfica de Itajaí (2007), na escala de 1:10.000.



A rede de drenagem atualizada apresenta algumas falhas de mapeamento nas áreas urbanizadas, onde os trechos dos canais se encontram tubulados e a fotointerpretação foi comprometida como exemplificado na Figura 18.

Figura 18: Exemplo de local urbanizado onde a interpretação da rede de drenagem fica comprometida em função da alteração e tubulação dos canais.



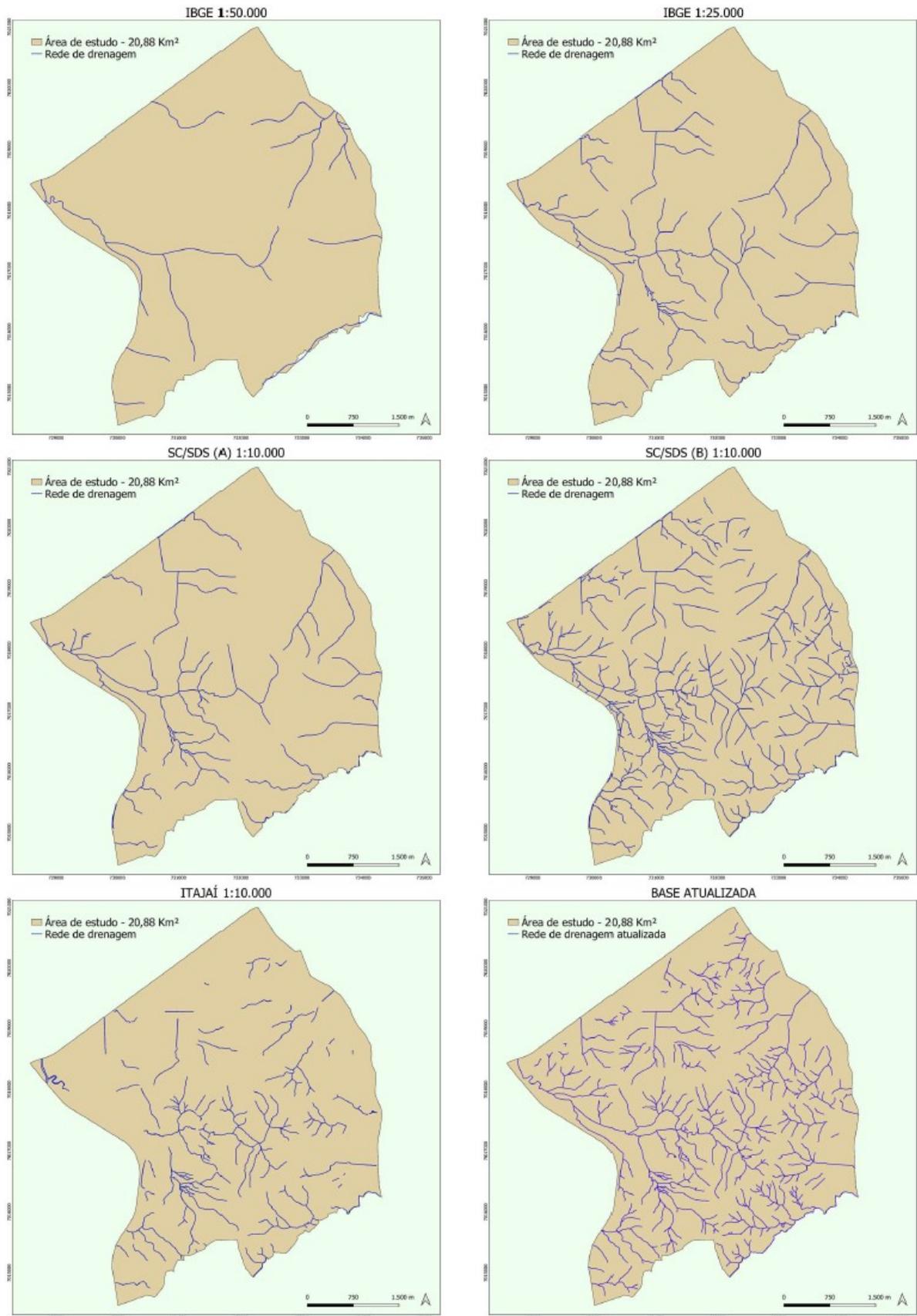
5.2 REDES DE DRENAGEM

A comparação entre as redes de drenagem utilizadas nesta pesquisa se deu por meio da análise quantitativa relacionada a alguns parâmetros morfométricos, relativos à rede de drenagem, extraídos de cada vetor, sendo o resultado demonstrado na Tabela 3. A Figura 19 ilustra as diferentes redes de drenagem utilizadas para fins de visualização e comparação entre os produtos cartográficos avaliados.

Tabela 3: Comparação entre parâmetros morfométricos extraídos das redes de drenagem avaliadas, onde consideramos os parâmetros da base atualizada como os verdadeiros.

| | Rede atualizada | ITAJAÍ 1:10.000 | SC/SDS (A) 1:10.000 | SC/SDS (B) 1:10.000 | IBGE(1) 1:50.000 | IBGE(2) 1:25.000 |
|--------------------------------|-----------------|-----------------|---------------------|---------------------|------------------|------------------|
| Cursos 1ª ordem (un) | 338 | 114 | 43 | 224 | 13 | 45 |
| Comp. total cursos (Km) | 112,03 | 57,80 | 43,90 | 84,17 | 21,54 | 47,25 |
| Dd (Km/Km²) | 5,37 | 2,77 | 2,1 | 4,03 | 1,03 | 2,26 |

Figura 19: Diferentes redes de drenagem disponibilizadas em bases cartográficas e escalas distintas, sendo a base atualizada tida como a verdadeira.



Considerando a rede de drenagem atualizada como a verdadeira, onde foram mapeados 338 canais de primeira ordem, ao compararmos os resultados, avaliamos a omissão (canais não representados) em todas as demais bases utilizadas, sendo que na base do IBGE (1), escala de 1:50.000, essa omissão chegou a 96,15%. Já nas demais bases a omissão de canais de primeira ordem foi de: 86,7% (IBGE 2), escala 1:25.000; 87,3% (SC/SDS-A), escala 1:10.000; 33,7% (SC/SDS-B), escala 1:10.000; e 66,28% (Itajaí), escala 1:10.000.

O termo “omissão” aqui utilizado não pretende indicar um erro cartográfico nas bases avaliadas, mas sim, ponderar que o processo de generalização em função da escala em cada base altera a representatividade dos canais mapeados, e será aqui utilizado para fins de comparação dos resultados somente, por falta de outro termo mais adequado. Essa generalização, não representação ou “omissão” de canais era esperada. Conforme Silva e Kobiyama (2004) a escala influencia na interpretação da rede de uma bacia e sua consequente análise e ordenamento, sendo que, com a melhoria da escala, mais tributários aparecem e os trechos de primeira ordem aumentam em número.

Entre as redes de drenagem das bases ITAJAÍ e SC/SDS (B), ambas definidas na mesma escala (1:10.000), também se verificou divergência nesse mapeamento, sendo quantificada uma diferença de 110 canais de primeira ordem, demonstrando que além do efeito da escala, há também o fator da subjetividade na delimitação da rede de drenagem entre os métodos de mapeamento influenciando na qualidade do produto cartográfico.

Como verificado entre todas as bases e àquela de referência (rede atualizada), o comprimento total dos canais e a densidade da drenagem foram afetados de forma significativas, indicando que os resultados dos parâmetros morfométricos também dependem da escala, sendo influenciados em função da escala de obtenção, da representação das feições e de acidentes naturais.

Considerando a classificação proposta por Beltrame (1994), apresentada na Tabela 4, a densidade de drenagem (Dd) na área de estudo seria considerada como “mediana”, com base na rede do IBGE (1), e “alta” com base nas redes do IBGE (2), SC/SDS(A) e ITAJAÍ, sendo que, após o levantamento de campo e atualização da rede pudemos avaliar que o local apresenta uma Dd classificada como “muito alta”

(5,37 Km/Km²), sendo que somente a rede da base SC/SDS(B) apresentou essa mesma classificação (4,03 Km/Km²).

Tabela 4: Classificação dos valores de densidade de drenagem (Dd).

| Valor de Densidade de Drenagem Dd (Km/Km²) | Qualificação da Densidade De Drenagem |
|--|--|
| <0,50 | Baixa |
| 0,50 a 2,00 | Mediana |
| 2,01 a 3,50 | Alta |
| <3,50 | Muito Alta |

Fonte: Beltrame (1994) apud Alves et al. (2014).

Os dados extraídos da rede de drenagem delimitada na base SC/SDS (B), na escala de 1:10.000, foram os que mais se aproximaram quantitativamente dos dados da rede de referência, com conformidade de 66,27% para canais de primeira ordem, 75,13% em relação ao comprimento total dos canais, e 75,04% no que se refere à densidade da drenagem.

Em relação à rede de drenagem SC/SDS (A), em escala de 1:10.000, observa-se que a mesma derivou da rede SC/SDS (B), porém com um processo de generalização que a deixa compatível com a rede de drenagem do IBGE (2), em escala de 1:25.000. Desta maneira, a utilização desse vetor disponibilizado na base cartográfica do Estado de Santa Catarina (SDS), denominado como “CURSO_DAGUA”, em se tratando de estudos ambientais em nível de detalhe local, não é indicada uma vez que o mesmo apresentou compatibilidade com outro produto cartográfico em escala de 1:25.000.

5.3 DELIMITAÇÃO DAS NASCENTES

Nesta pesquisa, a delimitação das nascentes nas bases cartográficas avaliadas se deu a partir da rede de drenagem onde, usualmente em trabalhos de mapeamento de APPs, se admite como nascente o ponto inicial dos canais de primeira ordem. Por meio do levantamento de campo pode-se identificar e mapear 107 nascentes ao todo na área de estudo. Já o resultado da delimitação de nascentes nas diferentes bases cartográficas se encontra demonstrado na Tabela 5.

Tabela 5: Resultado quantitativo da delimitação da feição de “nascentes” nas diferentes bases cartográficas, a partir da rede de drenagem, frente ao levantamento de campo.

| | Levantamento /campo | ITAJAÍ 1:10.000 | SC/SDS(A) 1:10.000 | SC/SDS(B) 1:10.000 | IBGE(1) 1:50.000 | IBGE(2) 1:25.000 |
|------------------|--------------------------------|----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Nascentes | 107 | 114 | 43 | 224 | 13 | 45 |
| Diferença | - | + 7 | - 64 | + 117 | - 94 | - 62 |

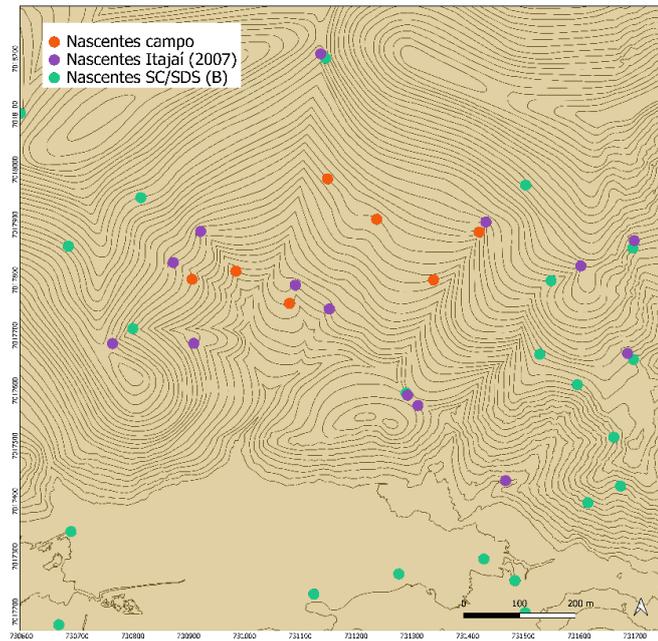
Diante dos resultados verifica-se que a quantidade de nascentes representada em cada uma das bases também divergiu, onde se constata, para fins de comparação dos resultados em detrimento às generalizações decorrentes da escala, tanto a omissão (nascentes não mapeadas), quanto a comissão (nascentes mapeadas não identificadas em campo) desta feição nas diferentes bases cartográficas.

Nas bases do IBGE (1 e 2) e SC/SDS (A) essa generalização resultou na omissão de 94, 62 e 64 nascentes, respectivamente. Essa omissão é proporcional à omissão de canais de primeira ordem verificado nas mesmas bases, principalmente em função da escala, já que a base de SC/SDS (A), no que se refere à rede de drenagem é compatível com a base de 1:25.000 do IBGE (2). Já nas bases SC/SDS (B) e ITAJAÍ (ambas na escala 1:10.000) percebemos a comissão de 117 e 7 nascentes, respectivamente.

Considerando que a rede de referência apresentou 338 canais de primeira ordem, e a base SC/SDS (B) 224 canais, a diferença na quantidade de nascentes entre essas bases se verifica em função de que grande parte dos canais de primeira ordem levantados em campo e atualizado na rede de referência foram classificados como “cursos efêmeros”.

Outra divergência avaliada se refere à localização dessas nascentes. Como demonstrado no recorte da Figura 20, o método de definição de nascentes a partir da rede de drenagem se mostrou totalmente inconsistente, quando comparamos as nascentes mapeadas em campo com aquelas extraídas das bases de Itajaí e SC/SDS (B).

Figura 20: Comparação entre a localização de nascentes definidas a partir de redes de drenagem das bases de SC/SDS (B) e ITAJAÍ em relação àquelas levantadas em campo.



Como ilustra a Figura 21, algumas nascentes levantadas em campo não apresentam relação com talvegues definidos na topografia representada nas bases de 1:10.000, uma vez que a escala acaba por suavizar as feições geomorfológicas do terreno.

Figura 21: (A, B) Nascentes levantadas em campo e rede de drenagem atualizada inseridas na base cartográfica de Itajai (2007), onde feições de cursos d'água não se encontram atreladas à talvegues apresentados na base topográfica em 1:10.000 (com curvas de nível equidistantes em 5 metros) em função da suavização do relevo pela escala de representação, e da pequena proporção destes canais.

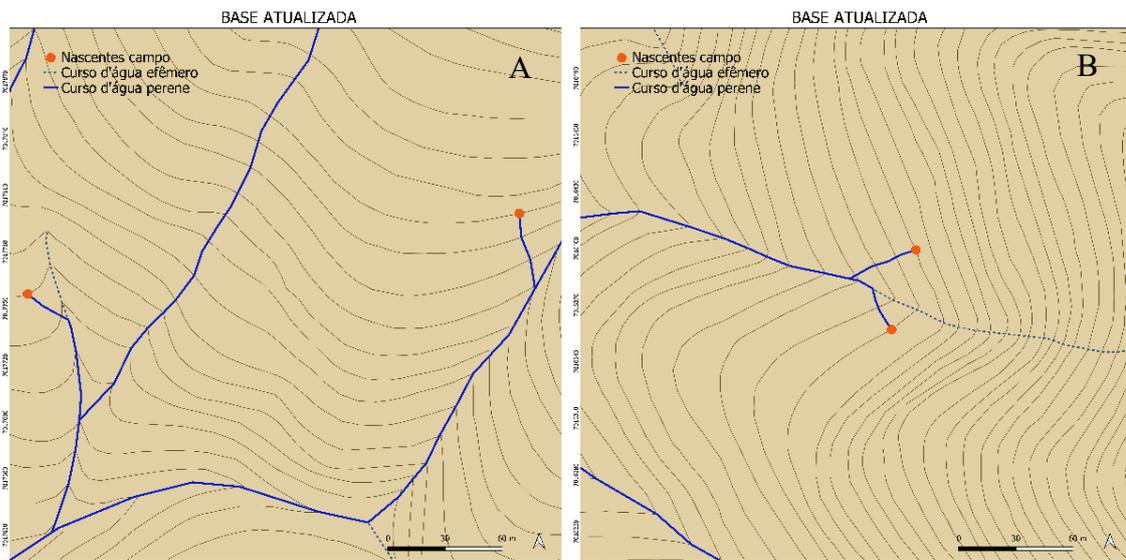
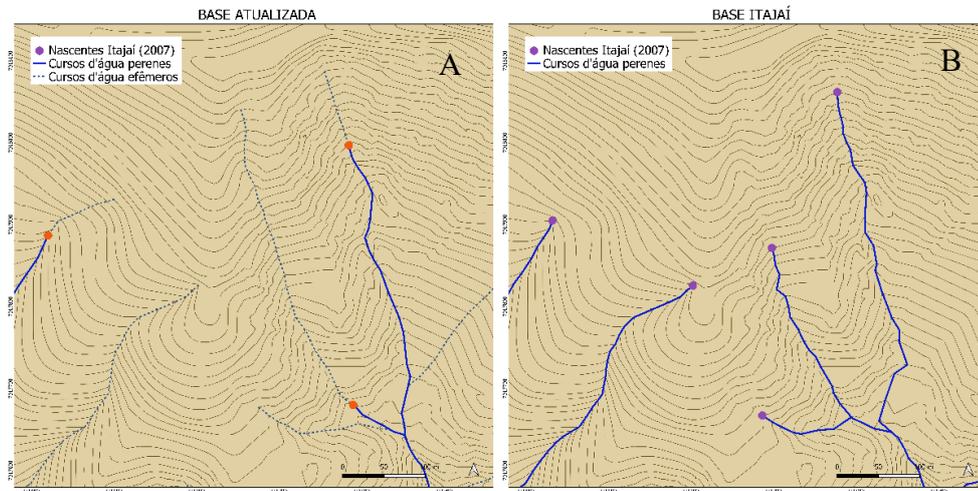


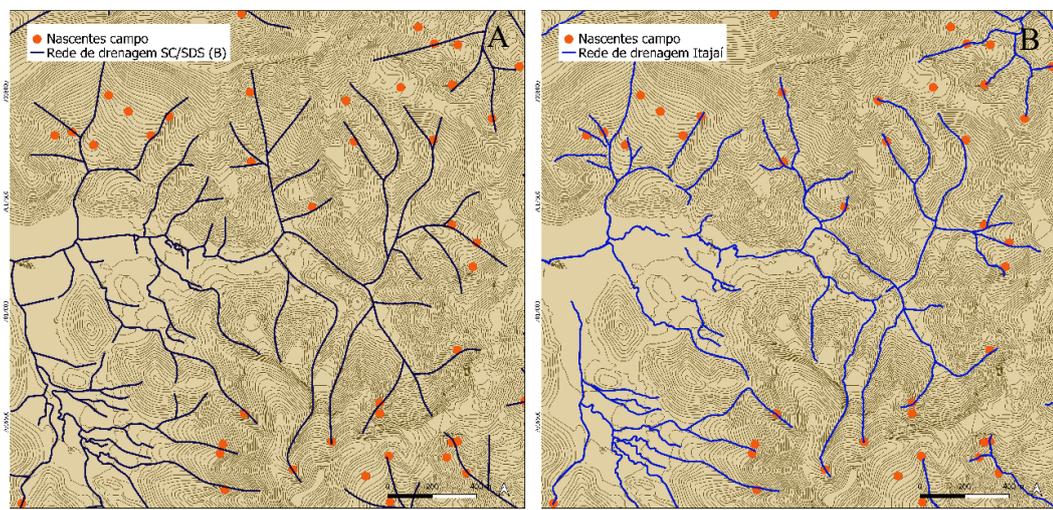
Figura 22: (A) Exemplo de nascentes mapeadas em campo que não coincidem com o início do canal definido; (B) nascentes definidas a partir da rede de drenagem da base cartográfica de Itajaí (1:10.000).



Ainda, outras nascentes não se encontram localizadas no início do talvegue, onde pode-se observar que nesses casos o canal perene apresenta um trecho efêmero à montante de sua nascente (Figura 22), evidenciando que as nascentes não são pontos fixos localizados no início de cursos de primeira ordem, e que somente o levantamento em campo poderá definir corretamente sua posição.

Para melhor interpretação visual dessas divergências entre a delimitação de nascentes a partir de redes de drenagem, frente às mapeadas em campo, na Figura 23 apresenta-se a sobreposição das nascentes identificadas em campo em relação às redes de drenagem definidas nas bases em 1:10.000 de SC/SDS (B) e de Itajaí.

Figura 23: Nascentes levantadas em campo em relação às redes de drenagem definidas nas bases cartográficas SC/SDS (B) e ITAJAÍ, na escala 1:10.000.



5.4 COMPARAÇÃO ENTRE AS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE

A comparação visual entre os resultados do mapeamento final das Áreas de Preservação Permanente – APPs de cursos d’água e nascentes se encontra demonstrado na Figura 24.

Na comparação entre as áreas geradas observa-se que nas bases do IBGE(1), IBGE(2) e SC/SDS(A), os resultados sofrem influência direta do fator da escala, em decorrência da generalização e omissão de canais de primeira ordem, resultando na subestimação da APP total mapeada de forma significativa, na ordem de 62,32%, 13,06% e 18,40% respectivamente.

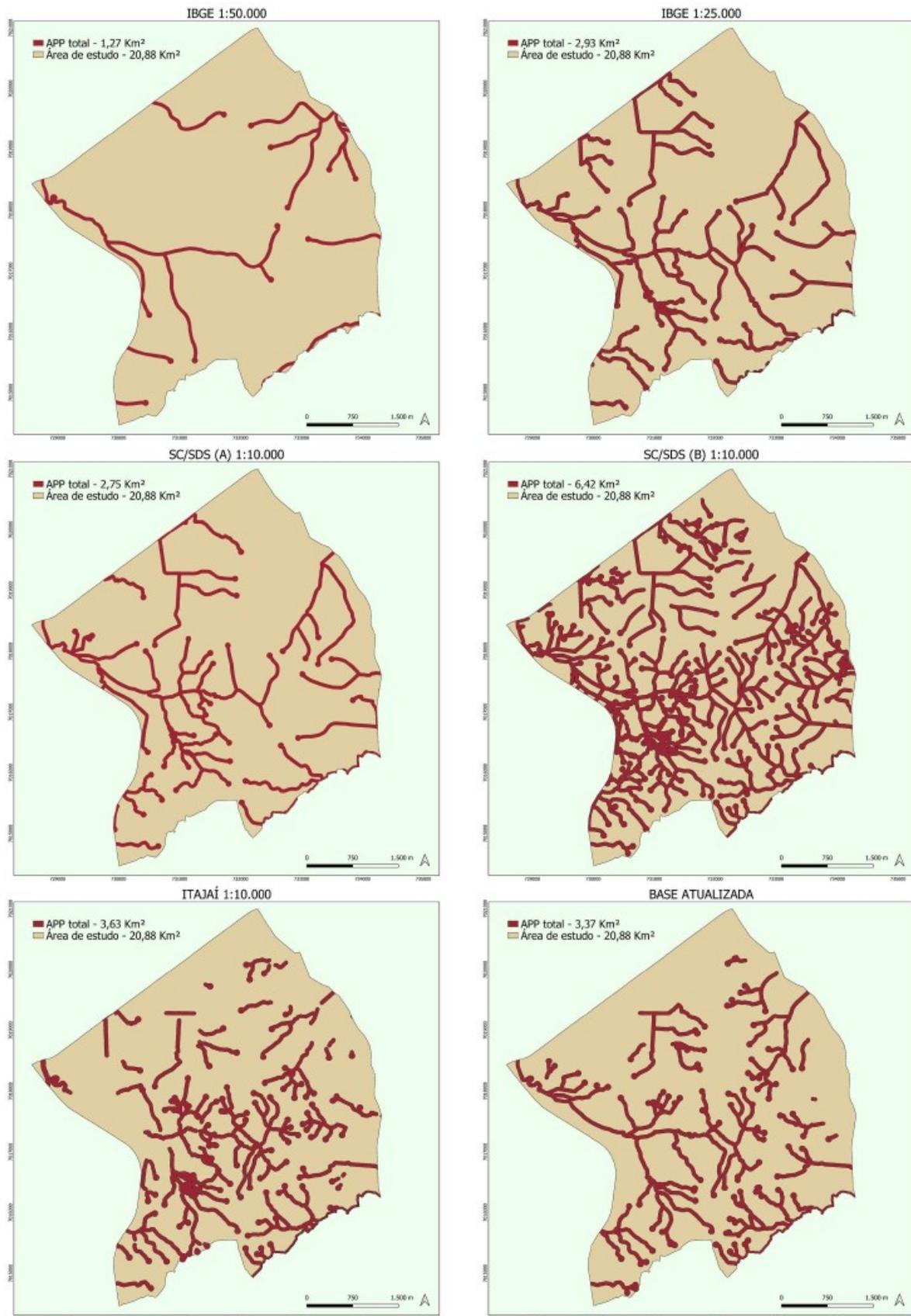
O resultado do total das áreas de APPs delimitas pelo método pode ser observado na Tabela 6, sendo a porcentagem relativa à área total de estudo.

Na Tabela 6 também pode ser observada a diferença entre o resultado da APP total em comparação com a somatória da App de nascente e APP de curso d’água, correspondentes a cada base. Essa diferença nos resultados se dá em razão dos descontos decorrentes da sobreposição de áreas quando os polígonos gerados de cada feição (APP de nascentes e cursos d’água) foram unidos e posteriormente mesclados, por meio de ferramentas de geoprocessamento disponibilizadas no SIG Qgis.

Tabela 6: Resultado da delimitação de APPs de cursos d’água e nascentes a partir da rede de drenagem definida em bases cartográficas, em comparação com a delimitada a partir da rede de drenagem atualizada, considerando a exclusão dos cursos d’água efêmeros identificados no levantamento de campo.

| | Rede atualizada | ITAJAÍ 1:10.000 | SC/SDS(A) 1:10.000 | SC/SDS(B) 1:10.000 | IBGE(1) 1:50.000 | IBGE(2) 1:25.000 |
|--|----------------------------|----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| APP Nascente (Km²) | 0,77 | 0,85 | 0,33 | 1,67 | 0,10 | 0,35 |
| APP curso d’água (Km²) | 3,05 | 3,27 | 2,60 | 5,72 | 1,22 | 2,77 |
| APP total (Km²) | 3,37 | 3,63 | 2,75 | 6,42 | 1,27 | 2,93 |
| Porcentagem (%) | 16,14 | 17,39 | 13,15 | 30,72 | 6,07 | 14,01 |

Figura 24: Áreas de Preservação Permanente – APP de nascentes e cursos d’água delimitadas a partir de seis bases cartográficas e escalas distintas.



As áreas geradas a partir das bases de SC/SDS(B) e ITAJAÍ, ao contrário, resultaram na superestimação da APP total, na ordem de 90,5% e 7,71%, respectivamente. No caso da base SC/SDS(B) essa discrepância entre o total de APP e o resultado gerado a partir da base de referência se deu nitidamente em função do método da delimitação utilizado nesta pesquisa, e da exclusão dos canais efêmeros no cômputo da APP “verdadeira”.

Tabela 7: Comparação entre os parâmetros morfométricos avaliados e a APP total gerada a partir da base SC/SDS(B) e da Rede Atualizada.

| | Rede atualizada | ITAJAÍ 1:10.000 | SC/SDS(B) 1:10.000 |
|--------------------------------|----------------------------|----------------------------|-------------------------------|
| Cursos 1ª ordem (un) | 338 | 114 | 224 |
| Nascentes | 107 | 114 | 224 |
| Comp. total cursos (Km) | 112,03 | 57,80 | 84,17 |
| Dd (Km/Km²) | 5,37 | 2,77 | 4,03 |
| APP total (Km²) | 3,37 | 3,63 | 6,42 |

A partir dos resultados compilados na Tabela 7, pode-se concluir que essa superestimação da APP gerada pela base SC/SDS(B) se refere ao fato de que todos os canais definidos em sua rede de drenagem foram considerados como cursos d’água perene, acarretando conseqüentemente na superestimação de nascentes e de canais. Desta forma, o método de mapeamento se demonstra inconsistente para a delimitação de APPs de nascentes e cursos d’água uma vez que, conforme verificado no levantamento de campo, essa relação entre canais de primeira ordem e nascentes não é proporcional, e que nem todos os canais são perenes.

O resultado da APP total gerada a partir da base de ITAJAÍ foi o que mais se aproximou da APP “verdadeira” em área (90,5% de conformidade). Porém, essa aproximação quantitativa em área total mapeada não reflete a qualidade de sua rede de drenagem, como observado nos itens anteriores, sendo que, além da omissão de 124 canais de primeira ordem, a definição das nascentes pelo método se demonstrou inconsistente.

O resultado da diferença em área entres essas duas APPs delimitadas foi de 0,26 Km², porém, o resultado da diferença espacial dessas APPs foi de 0,85 Km². Desta forma, apesar deste resultado se aproximar quantitativamente em valor de área

total mapeada levantada em campo, a delimitação dessa APP apresenta uma diferença posicional em relação a APP verdadeira.

5.5 APP DE CURSOS D'ÁGUA EXCLUÍDOS OS EFÊMEROS

Para a avaliação quantitativa da perda efetiva em Áreas de Preservação Permanente – APPs de cursos d'água, em virtude da alteração do Código Florestal (2012), onde excluem-se as faixas marginais dos cursos d'água efêmeros, foi delimitada a APP total considerando as nascentes, cursos d'água perenes, incluindo os cursos d'água efêmeros, mapeados na rede de drenagem atualizada. A Figura 25 ilustra este mapeamento.

Figura 25: Mapeamento de APPs de nascentes e cursos d'água (A) incluindo cursos d'água classificados como efêmeros e (B) considerando somente os cursos d'água perenes.

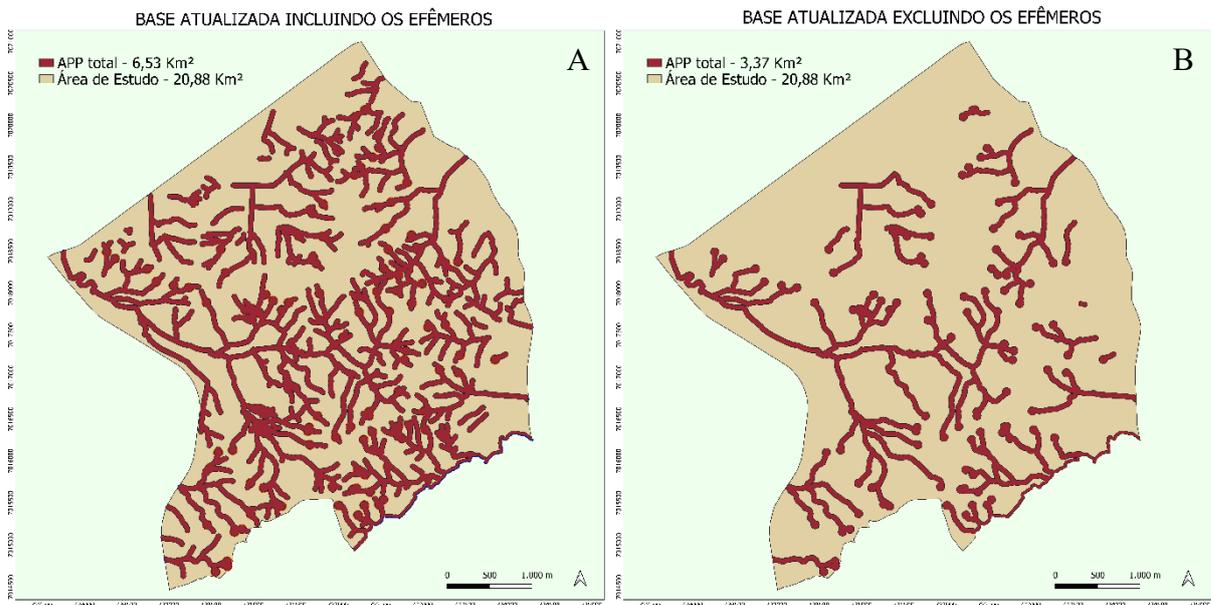
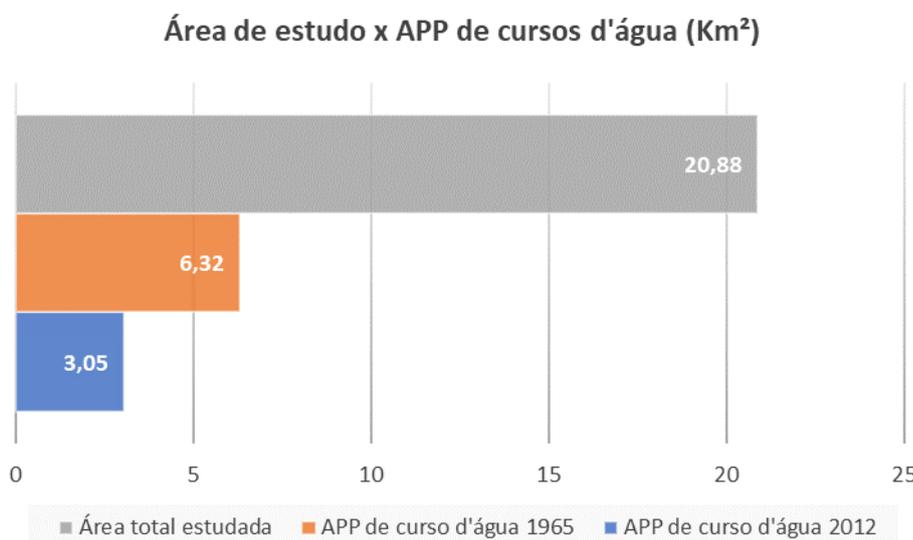


Tabela 8: Comparação entre a APP gerada a partir da rede de drenagem atualizada, incluindo todos os canais mapeados, e a APP gerada a partir do vetor classificado como curso d'água perene.

| | Rede atualizada | Somente Perenes |
|--------------------------------------|-----------------|-----------------|
| APP nascentes (Km ²) | 0,77 | 0,77 |
| APP cursos d'água (Km ²) | 3,05 | 6,32 |
| APP total (Km ²) | 3,37 | 6,53 |
| Porcentagem (%) | 16,14 | 31,27 |

Como demonstrado na Tabela 8, a área total de APP mapeada, incluindo os cursos classificados como efêmeros, foi de 6,53 Km². Considerando a APP “verdadeira”, com área total calculada em 3,37 Km², a diferença entre as APPs foi de 3,16 Km², ou seja, quase metade da área até então protegida pelo Código Florestal de 1965 perdeu sua proteção legal com a edição e alteração da lei em 2012.

Figura 26: Gráfico representando a área total de estudo em relação a APP de curso d'água delimitada a partir da rede de drenagem atualizada, qual engloba todos os canais mapeados após levantamento de campo, e a APP de curso d'água delimitada a partir do vetor extraído da rede atualizada classificado como curso d'água perene.



Se considerarmos somente as áreas de APP de cursos d'água delimitadas pelo método, a diferença em área foi de 3,27 Km², como ilustrado na Figura 26, o que representa um percentual de 52% da perda em área protegida.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As redes de drenagem disponíveis para a área de estudo avaliadas nesta pesquisa apresentaram divergências entre si, relacionadas tanto ao fator da escala dos levantamentos e da escala de representação, como no caso da rede SC/SDS(A), quanto ao fator da subjetividade na delimitação, quando comparadas as redes de drenagem restituídas a partir de bases cartográficas com a mesma escala de levantamento, como no caso das redes ITAJAÍ e SC/SDS(B), ambas em escala 1:10.000.

Quando comparadas à rede atualizada, definida a partir de levantamento de campo e fotointerpretação, a rede de SC/SDS(B) foi a que mais se aproximou da rede de referência, apresentando conformidade de 66,27% para canais de primeira ordem, 75,13% em relação ao comprimento total dos canais, e 75,04% no que se refere à densidade da drenagem. Porém, quando utilizada para o mapeamento de APP de cursos d'água e nascentes, pelo método avaliado, acabou resultando em uma superestimação de 90,5% em área total mapeada em relação à APP “verdadeira”. Esse resultado se deu principalmente devido à inclusão dos cursos efêmeros no cômputo da APP total gerada, já que essa rede não diferencia os canais pelo regime de fluxo hídrico.

No caso do mapeamento de APP a base ITAJAÍ foi a que mais se aproximou da APP “verdadeira”, porém, essa aproximação quantitativa em área total mapeada não reflete a qualidade de sua rede de drenagem, sendo que foi constatada a omissão de 124 canais de primeira ordem nessa base.

Quanto ao efeito da escala, para fins de estudos ambientais e mapeamentos de APP de cursos d'água e nascentes, as bases cartográficas avaliadas, em escalas menores que 1:10.000, resultaram na subestimação da APP total mapeada de forma significativa, quando comparadas com a APP “verdadeira”, na ordem de 62,32%, 13,06% e 18,40%, demonstrando que sua utilização não é indicada em estudos ambientais em nível de detalhe local.

Ressaltamos, porém, que essa indicação se refere não só ao município de Itajaí/SC e a área de estudo, assim como ao Estado de Santa Catarina, uma vez que ambos possuem seus territórios com cobertura de mapeamentos cartográficos em escala de 1:10.000, e por isso, a utilização de bases cartográficas em escalas

menores na elaboração de Estudos e Perícias Ambientais não se justifica. Em outros Estados a situação é diferente, sendo que em muitos deles o melhor produto cartográfico disponível apresenta escala em 1:50.000.

Com relação às discrepâncias observadas entre as APPs geradas, principalmente quando consideramos as redes em escala de detalhe local (1:10.000 e a levantada em campo), estão mais relacionadas ao método utilizado para a delimitação, sendo que, sem a devida verificação em campo e a atualização da rede de drenagem o método se demonstrou inconsistente, podendo ocasionar tanto a subestimação quanto a superestimação de Áreas de Preservação Permanente.

O levantamento de campo e a atualização da rede de drenagem realizado nesta pesquisa alterou significativamente no resultado das APPs geradas, principalmente no que se refere à definição das nascentes, onde não houve a proporcionalidade entre elas e os canais de primeira ordem, assim como a classificação da rede de drenagem em função do regime hidrológico dos canais em perene e efêmero.

Portanto, como resultado desta pesquisa verifica-se que a rede de drenagem disponibilizada na base cartográfica de SC/SDS(B), em escala 1:10.000, se demonstrou ser a mais adequada para a área de estudo para fins de gerenciamento ambiental, por ser a mais detalhada e representativa.

Para fins de mapeamento de APPs de recursos hídricos a atualização da rede de drenagem por meio de levantamento de campo na identificação e definição de nascentes, assim como na identificação de cursos d'água perenes e efêmeros, se demonstrou imprescindível. Sem o levantamento de campo o mapeamento automático dessas classes de APP se evidenciou incoerente na aplicação da legislação vigente.

Ressaltamos que essas discrepâncias observadas e levantadas neste trabalho eram esperadas, uma vez que as redes de drenagem aqui comparadas apresentavam escalas distintas (1:50.000, 1:25.000 e 1:10.000), sendo que o processo de generalização cartográfico influencia neste produto e, conseqüentemente, nos resultados de mapeamentos gerados a partir dele.

Porém, a intenção em comparar redes de drenagem de bases com escalas distintas, e o produto gerado a partir delas (APP de nascente e curso d'água), foi no sentido de demonstrar à Técnico, Analistas e Peritos das áreas ambientais, não

familiarizados à conceitos cartográficos básicos, quanto aos cuidados na escolha, interpretação e utilização de dados extraídos de bases cartográfica em estudos ambientais, principalmente no que se refere às áreas de proteção de recursos hídricos.

Hoje, com a disponibilidade cada vez maior de geotecnologias, como SIGs, imagens de satélite, MDEs, entre outros produtos e softwares gratuitos, a informação cartográfica vem sendo amplamente reproduzida, porém, sem os devidos cuidados a qualidade dessa informação gerada pode levar ao erro técnicos, gestores e tomadores de decisões.

Já no que se refere a alteração do Código Florestal de 2012 em relação aos parâmetros para a delimitação de APP de cursos d'água, quanto a exclusão dos cursos efêmeros aqui avaliada, verificou-se que na área de estudo houve uma perda significativa de 52% em área protegida, em relação a área mapeada conforme os parâmetros definidos pelo Código Florestal anterior (1965), configurando-se em um claro retrocesso na proteção desses espaços protegidos.

Esse resultado acarreta claramente em um impacto econômico positivo na exploração do território nacional, onde se é possível facilmente mensurar os ganhos econômicos sobre a propriedade privada.

Porém, calcular os impactos ambientais e econômicos negativos, capazes de afetar a sociedade em geral, não somente a sociedade presente como as futuras gerações, e o meio ambiente como um todo, em decorrência da perda em serviços ecossistêmicos oferecidos pelos cursos d'água efêmeros, assim como, por suas faixas marginais (APP) na manutenção destes serviços, é tarefa difícil de se prever e mensurar, onde o princípio da precaução deveria prevalecer na construção de uma norma de proteção ambiental em prol da coletividade.

Como apontado por Datry et al. (2014) e; Scheneider et al. (2017), os rios intermitentes e córregos efêmeros representam metade da rede fluvial global, abrangendo todos os climas e biomas, e neste trabalho, na área de estudo, pudemos comprovar tal afirmação na medida que ao se excluir os cursos efêmeros no cômputo da APP de curso d'água, houve uma diminuição de mais de 50% em área protegida.

Conforme ponderam Datry et al. (2014), depois de anos de quase obscuridade, as pesquisas referentes a cursos d'água intermitentes e córregos

efêmeros floresceu na última década, impulsionadas pelo aumento das questões de escassez de água, efeitos das mudanças climáticas, e do reconhecimento de que esses cursos são predominantes em redes fluviais. Consideram ainda que as extensas e severas degradações desses canais fluviais são consequências da falta de reconhecimento, da má compreensão de suas funções e importância, da falta de estratégias de gestão e políticas inadequadas.

Neste sentido, com o advento do Novo Código Florestal (2012), o Brasil além de retroceder na proteção legal dos recursos hídricos nacionais, se coloca na contramão dos esforços globais na gestão da crise hídrica mundial, em decorrência das mudanças climáticas.

7 REFERÊNCIAS

ACUNA, V., DATRY, T., MARSHALL, J., BARCELO, D., DAHM, C. N., GINEBRED, A., MCGREGOR, G., SABATER, S., TOCKNER, K., PALMER, M. A. Why Should We Care About Temporary Waterways? *Science* 343 (6175): 1080-1082, 2014. <https://doi.org/10.1126/science.1246666>.

ARAÚJO, S. M. V. G. Origem e principais elementos da legislação de proteção à biodiversidade no Brasil. In: GANEM, R. S. (org.). *Conservação da biodiversidade, legislação e políticas públicas*. Brasília: Câmara dos Deputados, Edições Câmara, 2011, p. 177-222. Disponível em: [file:///C:/Users/Usuario/Downloads/conservacao_biodiversidade%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/conservacao_biodiversidade%20(1).pdf), acessado em 11/05/2021.

BEDIN, F. A. Ecologia da paisagem como subsídio para implantação do Parque Municipal da Ressacada - Itajaí, SC. Dissertação. Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambientais. Universidade do Vale do Itajaí. Itajaí, 2013.

BERGER, M. V. S. Delimitação de áreas de preservação permanente e definição de classes de enquadramento via SIG: estudo de caso da bacia hidrográfica do Córrego do Ouro. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Espírito Santo - UFES, 2007.

BORGES, L. A. C. Aspectos técnicos e legais que fundamentam o estabelecimento das áreas de preservação permanente (APP). Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal. UFLA. Lavras/MG, 2008.

BOSQUILIA, R. W. D; FIORIO, P. R.; DUARTE, S. N; MINGOTI, R; ZOCHI, S. S. Diferentes produtos de sensoriamento remoto no mapeamento visual de drenagens e nascentes na micribacia hidrográfica do Ceveiro. *Revista de Agricultura*, v. 91, n.1, p. 1-16, 2016.

BOULTON, A. Conservation of ephemeral streams and their ecosystem services: what are we missing? *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 24 (6): 733-738, 2014. <https://doi.org/10.1002/aqc.2537>.

BRAGA, J.C. Modelo hidrológico de parâmetros distribuídos para obtenção do hidrograma de escoamento superficial em qualquer posição de uma bacia hidrográfica. Tese da Universidade Federal de Viçosa. Minas Gerais, 2000.

BRASIL, Decreto 23.793, de 23 de Janeiro de 1934. Aprova o código florestal. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1930-1939/decreto-23793-23-janeiro-1934-498279-publicacaooriginal-78167-pe.html>, acessado em 13/05/2021.

BRASIL, Decreto 4.421, de 28 de dezembro de 1921. Cria o Serviço Florestal do Brasil. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1920-1929/decreto-4421-28-dezembro-1921-567912-publicacaooriginal-91264-pl.html>, acessado em 13/05/2021.

BRASIL, Lei Federal 12.651, de 25 de maio de 2012(a). Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Brasília. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm, acessado em 01/03/2020.

BRASIL, Lei Federal 4.771, de 15 de setembro de 1965. Institui o novo Código Florestal. Disponível em <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1960-1969/lei-4771-15-setembro-1965-369026-publicacaooriginal-1-pl.html>, acessado em 13/05/2021.

BRASIL. Decreto nº 7.830, de 17 de outubro de 2012(b). Dispõe sobre o Sistema de Cadastro Ambiental Rural, o Cadastro Ambiental Rural, estabelece normas de caráter geral aos Programas de Regularização Ambiental, de que trata a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 18 out. 2012. ISSN 1677-7042. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/decreto/D7830.htm. Acesso em: 15/05/17.

BRASIL. Resolução do CONAMA nº 004 de 18 de setembro de 1985, que altera a Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965. Disponível em http://www.mpsp.mp.br/portal/page/portal/cao_urbanismo_e_meio_ambiente/legislacao/leg_federal/leg_fed_resolucoes/leg_fed_res_conama/Resolu%C3%A7%C3%A3o%20CONAMA%2004-85.htm, acesso em 15/05/2021.

BRASIL. Supremo Tribunal Federal. Partido Socialismo e Liberdade – PSOL e outros. Ação Direta de Inconstitucionalidade nº 4.937/DF. Relator: Min. Luiz Fux. Diário da Justiça Eletrônico, Brasília, DF, n. 42, p. 98–99, 6 mar. 2018. Disponível em: <http://portal.stf.jus.br/processos/downloadPeca.asp?id=15340792260>. Acesso em: 15/05/2021.

BUENO, L. F. Inteligência artificial aplicada à melhoria da acurácia do mapeamento de redes de drenagem. 2016. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal do Paraná, 2016.

CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.

CLIMATE-DATA.ORG. Gráfico de Dados Climatológicos para Itajaí (1999-2019). Disponível em: <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/santa-catarina/itajai-3/>. Acessado em 11/08/2021.

CLIMATE-DATA.ORG. Gráfico de Temperaturas e Precipitações Médias em Itajaí (1999-2019). Disponível em: <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/santa-catarina/itajai-3/>. Acessado em 11/08/2021.

COSTIGAN, K.H, KENNARD, M. J., LEIGH, C., SAUQUET, E., DATRY, T., BOULTON, A. J. Chapter 2.2 – flow regimes in intermitente Rivers and ephemeral streams. In T. Datry, N. Bonada, A. Boulton (Eds.). Intermittent Rivers and ephemeral streams (pp. 51-78) Academic Press, 2017. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803835-2.00003-6>.

COTA, M. A. Áreas de Preservação Permanente (APPs) – As Resoluções CONAMA e o papel das técnicas de Geoprocessamento na delimitação das classes de preservação. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais. Departamento de Geografia. Belo Horizonte/MG. 2008.

CUSTODIO, E.; LLAMAS, M.R. Hidrologia Subterrânea. V. 2. Barcelona: Ediciones Omega S.A., 1976.

DATRY, T., FOULQUIER, A., CORTI, R., von SCHILLER, D., TOCKNER, K., MENDONZA-LERA, C., ... ZOPPINI, A. A global analysis of terrestrial plant litter dynamics in non-perennial waterways. Nature Geoscience, 11(7), pp. 457-503, 2018. <https://doi.org/10.1038/s41561-018-0134-4>.

DATRY, T., SINGER, G., SAUQUET, E., JORDA-CAPDEVILLA, D., von SCHILLER, D., SUBBINGTON, R., MAGAND C., ... ZOPPINI, A. Science and Management of Intermittent Rivers and Ephemeral Streams (SMIRES). Research Ideas and Outcomes 3: e21774, 2017. <https://doi.org/10.3897/rio.3.e21774>.

DATRY, T.; LARNED, S. T.; TOCKNER, K. Intermittent rivers: A challenge for freshwater ecology. BioScience, v. 64, n. 3, p. 229–235, 2014.

de GRAFF, I. E. M., GLEESON, T., van BEEK, L.P.H, SUTANODJAJA, E. H., BIERKENS, M.F.P. Environmental flow limits to global groundwater pumping. *Nature*, 574 (7776), pp. 90-94, 2019. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1594-4>.

FILHO, A. O. S.; RAMOS, J. M.; OLIVEIRA, K.; NASCIMENTO, T. A evolução do código florestal brasileiro. *Cadernos de Graduação. Ciências Humanas e Sociais UNIT. Aracajú*, V.2, n.3, p. 271-290. Março 2015. Disponível em: [file:///C:/Users/Usuario/Downloads/2019-Texto%20do%20artigo-6699-1-10-20150326%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/2019-Texto%20do%20artigo-6699-1-10-20150326%20(2).pdf), acessado em 13/05/2021.

FONSECA, B. M.; AUGUSTIN, C. H. R. R. Análise morfométrica de bacias de drenagem e sua relação com a estrutura geológica, Serra do Espinhaço Meridional-MG. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 15, n. 2, p. 153–172, 2014.

FRANZ, B. Fatores Intervenientes nas Vulnerabilidades dos Recursos Hídricos às Mudanças do Clima no Estado do Rio de Janeiro. *In: Nunes, R. T. S.; Freitas, M. A. V.; Rosa, L. P. (organizadores). Vulnerabilidade dos recursos hídricos no âmbito regional e urbano. Rio de Janeiro: Interciência, 2011, p. 3 - 60.*

GONÇALVES, A. B.; MARCATTI, G. E.; RIBEIRO, C. A. S.; SOARES, V. P.; NETO, J. A. A. M.; LEITE, H. G.; GLERIANI, J. M.; LANA, V. M. Mapeamento das áreas de preservação permanente e identificação dos conflitos de uso da terra na sub-bacia hidrográfica do rio Camapã/Brumado. *Revista Árvore, Viçosa/MG*, v. 36, n. 4, p. 759-766, 2012.

GONÇALVES, D. L.; GAUDÊNCIO, J. P.; LEAL, A. C. Levantamento das áreas de preservação permanente e fragmentos florestais da bacia hidrográfica do Ribeirão Cuiabá (SP). *Fórum Ambiental da Alta Paulista: Geotecnologias Aplicadas à Análise Ambiental*, v. 11, n. 05, p. 130 - 143, 2015.

GUIMARÃES, F. S., GUIMARÃES, L.S. Utilização de cinco bases cartográficas distintas para a determinação de áreas de preservação permanente no município de Rio Acima, MG: divergências entre os resultados. *Caderno de Geografia*, v.26, número especial 1, 2016. Disponível em <http://periodicos.pucminas.br/index.php/geografia/article/view/p.2318-2962.2016v26nesp1p136>. Acessado em 01/03/2020.

GUIMARÃES, F. S; CARVALHO, G. A. Determinação de áreas de preservação permanente no município de Moeda - MG, utilizando bases de diferentes escalas topográficas. *Caderno de Geografia, Belo Horizonte*, v. 23, n. 39 jan./jul. 2013

IBGE (1) – Base cartográfica do Estado de Santa Catarina na escala 1:50.000, digitalizada pela EPAGRI/SC, 2004. Disponibilizada em: <https://ciram.epagri.sc.gov.br/mapoteca/>.

IBGE (2) – Base cartográfica digital do Estado de Santa Catarina e restituição hidrográfica na escala de 1:25.000, 2020. Disponibilizada em: https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html?caminho=cartas_e_mapas/bases_cartograficas_continuas/bc25/sc/.

ITAJAÍ – Levantamento aerofotogramétrico e restituição hidrográfica na escala 1:10.000, executado pela empresa Aeroimagem S/A, 2007.

JAEGER, K. L.; OLDEN, J. D.; PELLAND, N. A. Climate change poised to threaten hydrologic connectivity and endemic fishes in dryland streams. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 111, n. 38, p. 13894–13899, 2014.

KNIGHTON, D. *Fluvial forms and processes*. London: 1984.

LARNED, S., DATRY, T., ARSCOTT, D., TOCKNER, K.. Emerging concepts in temporary-river ecology. *Freshwater Biology* 55 (4): 717-738, 2010. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2009.02322.x>.

LEVICK, L., J. FONSECA, D. GOODRICKh, M. HERNANDEZ, D. SEMMENS, J. STROMBERG, R. LEIDY, M. SCIANNI, D. P. GUERTIN, M. TLUCZEK, and W. KEPNER.. *The Ecological and Hydrological Significance of Ephemeral and Intermittent Streams in the Arid and Semi-arid American Southwest*. U.S. Environmental Protection Agency and USDA/ARS Southwest Watershed Research Center, EPA/600/R-08/134, ARS/233046, 116pp., 2008.

LIMA, K.C. & CUNHA, C.M.L. 2014. Atualização cartográfica da rede de drenagem para estudo geomorfológico de rios intermitentes e efêmeros do semiárido. *Revista Brasileira de Cartografia* (2014) N0 66/1: 127-136.

MARION, F. A.; SAMPAIO, V. M. Mapeamento da rede de drenagem como suporte a pesquisa científica: uma análise a partir da produção qualificada. *Anais do I Simpósio Nacional de Geografia e Gestão Territorial e XXXIV Semana de Geografia da Universidade Estadual de Londrina*, 08 a 11 de outubro de 2018.

MIRANDA, C. S.; FIGUEIREDO, S. M. M. Cálculo de área de preservação permanente em faixa marginal ao curso de água, utilizando diferentes bases de dados geoespaciais. *Scientia Naturalis*, v. 2, n. 2, p. 674 - 691, 2020.

NETO, S. F.; MELO, G. K. R. M. M.; LIMA, V. L. A.; NETO, J. D. Áreas de Preservação Permanente: a aplicabilidade da legislação ambiental frente aos recursos hídricos do semiárido brasileiro. *Ciência e Natura*, Santa Maria, v. 37, n. 42, p. 210 - 219, 2015.

PAZ, O. L. S.; SAMPAIO, T. V. M. Análise estatística dos parâmetros geomorfométricos do relevo em bacias hidrográficas de primeira ordem perenes e intermitentes no oeste paranaense. Revista do Departamento de Geografia, USP, ISSN 2236-2878, Volume 41, 2021.

ROGÉRIO, J. P.; DEUS, L. A. B.; NUNES, R. T. S. Análise Espacial da Criticidade dos Eventos Hidrológicos Extremos no Estado do Rio de Janeiro. *In*: Nunes, R. T. S.; Freitas, M. A. V.; Rosa, L. P. (organizadores). Vulnerabilidade dos recursos hídricos no âmbito regional e urbano. Rio de Janeiro: Interciência, 2011, p. 63 - 90.

SAMPAIO, T. V. M.; AUGUSTIN, T. H. R. R. Variáveis auxiliares para o mapeamento da rede de drenagem: correlação espacial entre nascentes, unidades de relevo e litotipos na bacia hidrográfica do rio Benevente - ES. GEOUSP – Espaço e Tempo, São Paulo, v. 18, n. 3, p. 624-634, 2014.

SANTA CATARINA - Levantamento aerofotogramétrico e restituição hidrográfica na escala 1:10.000, executado pela Engemap Geoinformação, 2010 a 2012. Disponível em: <http://sigsc.sc.gov.br/download/index.jsp>.

SCHNEIDER, A., JOST, A., COULON, C., SILVESTRE, M., THÉRY, S., DUCHARNE, A. Global-scale river network extraction based on high-resolution topography and constrained by lithology, climate, slope, and observed drainage density. *Geophysical Research Letters*, 44(6), pp. 2773-2781, 2017. <https://doi.org/10.1002/2016gl071844>.

SILVA, A. P. M.; MARQUES, H. R.; SAMBUICHI, R. H. R. Mudanças no Código Florestal Brasileiro - Desafios para a implementação da nova lei. Rio de Janeiro: IPEA, 2016. Disponível em: https://frepesp.org.br/wpcontent/uploads/2016/12/160812_livro_mudancas_codigo_florestal_brasileiro.pdf, acessado em 13/05/2021.

SILVA, R. V.; KOBAYAMA, M. Delineamento automático da rede de drenagem em bacias hidrográficas com ênfase em trechos de zero ordem. *In*: XXI CONGRESSO LATINOAMERICANO DE HIDRÁULICA, 2004, IAHR, 21, 2004, São Pedro, SP. Anais. Campinas: IAHR/UNICAMP, p. 1-10, 2004.

SOPHOCLEOUS, M. Interactions between groundwater and surface water: the state of the science. *Hydrogeology Journal*, v. 10, n. 1, p. 52–67, 11 fev. 2002.

SOUSA, M. S.; SAMPAIO, T. V. M. Avaliação da acurácia de bases cartográficas: um estudo de caso da rede de drenagem do Estado do Paraná na escala 1:50.000 para a carta MI 2818-

4. INPE. Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, João Pessoa-PB, de 25 a 29 de abril de 2015.

SOUSA, M. S.; SAMPAIO, T. V. M. Influência da acurácia de completude na delimitação de áreas de preservação permanente. *Confins. Revue franco-brésilienne de géographie/Revista Franco-Brasileira de Geografia*, n. 35, 2018.

SOUSA, T. M. I. Avaliação da qualidade em redes de drenagem processadas a partir de modelos digitais de elevação. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa/PB, 2016.

SOUZA, K. I. S.; CHAFFE, P. L. B.; PINTO, C. R. S. C.; NOGUEIRA, T. M. P. Proteção ambiental de nascentes e afloramentos de água subterrânea no Brasil: histórico e lacunas técnicas atuais. *Água Subterrâneas*, v. 33, n. 1, p. 76-86, 2019.

SOUZA, K. I. S. Definição de áreas de preservação permanente com função de proteção aos recursos hídricos naturais. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. UFSC. Florianópolis/SC, 2021.

STEWART, A. L., von SCHILLER, D., TOCKNER, K., MARSHALL, J.C., BUNN, S.E. When the river runs dry: human and ecological values of dry riverbeds. *Frontiers in Ecology and the Environment* 10 (4): 202-209, 2012. <https://doi.org/10.1890/110136>.

STUBBINGTON, R. The hyporheic zone as an invertebrate refuge: a review of variability in space, time, taxa and behaviour. *Marine and Freshwater Research* 63 (4):293-311, 2012. <https://doi.org/10.1071/mf11196>.

TABALIPA, F.; VIEIRA, C. V. Mapeamento das áreas de preservação permanente no perímetro urbano do município de Canoinhas - Estado de Santa Catarina. *Boletim Geográfico, Maringá*, v. 36, nº 2, p. 104-120, 2018.

VALENTE, O. F.; GOMES, M. A. Conservação de nascentes: hidrologia e manejo de bacias hidrográficas de cabeceira. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2005.

von SCHILLER, D., DATRY, T., CORTI, R., FLOULQUIER, A., TOCKNER, K., MARCÉ, R., ... ZOPPINI, A. Sediment respiration pulses in intermitente Rivers and ephemeral streams. *Global Biogeochemical Cycles*, 33(10), pp. 1251-1263, 2019.

WARD, A.; TRIMBLE, S. Environmental hydrology. 2ª ed. Boca Raton: Lewis Publishers, 2004.

8 APÊNDICE

RECORDAÇÕES FOTOGRÁFICAS DO MAPEAMENTO E DA ÁREA DE ESTUDO (2012-2014)



