

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “Júlio de Mesquita Filho”
Faculdade de Ciências Tecnologia e Educação - FCTE
Campus de Ourinhos

CAROLINA SOUZA BRIZOTTI

ANÁLISE DOS CONFLITOS DE USO DA TERRA NAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO
PERMANENTE E DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL NA SUB-BACIA DO BAIXO
ITAPETININGA, ESTADO DE SÃO PAULO

Ourinhos – SP
Junho de 2022

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “Júlio de Mesquita Filho”
Faculdade de Ciências Tecnologia e Educação - FCTE
Campus de Ourinhos

ANÁLISE DOS CONFLITOS DE USO DA TERRA NAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO
PERMANENTE E DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL NA SUB-BACIA DO BAIXO
ITAPETININGA, ESTADO DE SÃO PAULO

CAROLINA SOUZA BRIZOTTI

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
banca examinadora para obtenção do título de
Bacharel em Geografia pela FCTE/UNESP -
Câmpus de Ourinhos.

Orientador: Prof. Dr. Edson Luís Piroli

Ourinhos – SP
Junho de 2022

B862a Brizotti, Carolina Souza
Análise dos conflitos de uso da terra nas Áreas de
Preservação Permanente e do escoamento superficial na
sub-bacia do Baixo Itapetininga, Estado de São Paulo / Carolina
Souza Brizotti. -- Ourinhos, 2022
51 p. : tabs., mapas

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Geografia) -
Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências,
Tecnologia e Educação, Ourinhos
Orientador: Edson Luís Piroli

1. Random Forest. 2. Método CN-SCS. 3. SIG. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da
Faculdade de Ciências, Tecnologia e Educação, Ourinhos. Dados fornecidos pelo
autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

Banca Examinadora

Prof. Dr. Edson Luís Piroli (Orientador)

Prof. Dr Julio Cesar Demarchi

Prof. Dr. Ricardo dos Santos

Ourinhos, junho de 2022.

Dedico este trabalho aos meus pais Viviane e Ednilson, por seu apoio, cuidado e incentivo à minha graduação.

Agradecimentos

Os agradecimentos iniciais são dedicados àqueles que me motivaram durante todos os dias de minha vida, e que me deram condições de chegar até o presente momento, meus pais, Ednilson e Viviane; por todo amor e por acreditarem em mim.

Em especial, agradeço meu orientador Prof. Dr. Edson Luís Piroli, pela confiança, paciência e dedicação em compartilhar comigo seu vasto conhecimento desde meu terceiro ano de graduação.

A todos os professores que me instruíram durante minha graduação, grandes responsáveis por meu desenvolvimento acadêmico e pessoal, agradeço por me acompanharem nessa jornada. Faço ainda uma ressalva às grandes mulheres que me inspiram, Prof.^a Dr.^a Andréa Zacharias, Prof.^a Dr.^a Luciene Cristina Risso, Prof.^a Dr.^a Terezinha Brumatti Carvalhal e Prof.^a Dr.^a Daniela Silva Fuzzo; agradeço por me fazerem acreditar nas ciências geográficas e em mim mesma.

Agradeço também a meu irmão, Giovanni pela parceria e por ser meu melhor amigo; ao meu colega de graduação e namorado Matheus por estar sempre comigo, inclusive nos momentos mais difíceis; às minhas avós Conceição e Irma por serem grandes incentivadoras dos meus estudos e ao meu avô Antonio (*in memoriam*), quem primeiro me ensinou os pontos cardeais e me estimulou a observação da paisagem.

À Melissa, Kiara e Aurora, por tornarem a vida mais leve a cada dia.

Orgulho-me muito em ter feito parte do campus da UNESP/Ourinhos e agradeço por todas as experiências vividas e pelas pessoas que aqui cruzaram meu caminho, em especial a minha grande amiga Michelly Amorim, e ao Prof. Dr. Julio Cesar Demarchi, pois sem a ajuda de ambos muitas de minhas experiências não teriam sido possíveis.

Ademais, agradeço primordialmente à PROPe, pela concessão da bolsa de pesquisa de iniciação científica que contribuiu para a realização deste trabalho.

Grata a todos.

Todas as vitórias ocultam uma abdicação.

- Simone de Beauvoir

Resumo

Esta pesquisa foi desenvolvida com intenção na utilização de ferramentas de geoprocessamento para análise de bacias hidrográficas, aplicando-se um estudo de caso a Sub-Bacia Hidrográfica do Baixo Itapetininga, a qual encontra-se inserida no leste da Bacia Hidrográfica do Alto Paranapanema, Estado de São Paulo, para fins de identificação de possíveis processos de degradação ambiental, provenientes de um crescente desenvolvimento populacional, e expansão econômica urbana e rural decorrente dos últimos anos que por muitas vezes desconsidera os aspectos naturais da paisagem e os impactos de suas modificações.

De modo a analisar processos de uso e ocupação da terra no entorno de corpos hídricos e de suas nascentes nas Áreas de Preservação Permanente (APP) devidamente estabelecidas pela Lei nº 12.651/2012, investigando suas áreas de adequação e inadequação, obtendo dados totais de área devidamente recoberta por vegetação, e seus principais usos.

Ampara-se então este trabalho por suportes geotecnológicos, para propor medidas de manejo adequado à bacia de estudo, simulando o escoamento superficial da bacia através do método Curva Número desenvolvido pelo Serviço de Conservação do Solo (CN-SCS), que consiste na estimativa do volume total de chuvas escoado superficialmente, observando as características físicas e as ações antrópicas concomitantes nos pontos críticos de menor infiltração das águas da chuvas, e sua associação com a impermeabilização do solo em áreas urbanas e a utilização indevida da terra em áreas agrícolas, as quais demandam maior atenção e cuidados ambientais.

PALAVRAS-CHAVE: Random Forest; método CN-SCS; SIG.

Abstract

This research was developed with the intention of using geoprocessing tools for the analysis of hydrographic basins, applying a case study to the Lower Itapetininga Hydrographic Sub-Basin, which is located in the east of the Alto Paranapanema Hydrographic Basin, State of São Paulo, in order to identify possible processes of environmental degradation, resulting from a growing population development, and urban and rural economic expansion resulting from recent years, which often disregards the natural aspects of the landscape and the impacts of its modifications.

In order to analyze land use and occupation processes around water bodies and their springs in Permanent Preservation Areas (PPA) duly established by the Law 12,651/2012, Brazilian forest code) investigating their areas of suitability and inadequacy, obtaining total area data duly covered by vegetation, and its main uses.

This work is then supported by geotechnolog, to propose appropriate management measures for the study basin, simulating the surface runoff of the basin through the Curve Number method developed by the Soil Conservation Service (SCS-CN), which consists of estimating the total volume of surface runoff, observing the physical characteristics and concomitant human actions at critical points of lower infiltration of rainwater, and its association with soil sealing in urban areas and the improper use of land in agricultural areas, which require greater attention and environmental care.

KEYWORDS: Random Forest; SCS-CN method; GIS.

Índice de Figuras

Figura 1: Mapa de Localização da Sub-Bacia Hidrográfica do Baixo Itapetininga	
21	
Figura 2: Mapa de geomorfologia da Sub-bacia Do Baixo Itapetininga	23
Figura 3: Mapa de geologia da Sub-bacia Do Baixo Itapetininga	24
Figura 4: Mapa de pedologia da Sub-bacia Do Baixo Itapetininga	25
Figura 5: Mapa de Altimetria Sub-bacia Do Baixo Itapetininga	26
Figura 6: Mapa de Cobertura Vegetal da Sub-bacia Do Baixo Itapetininga	27
Figura 7: Mapa de Uso e Cobertura da Terra da Sub-bacia Do Baixo Itapetininga	
28	
Figura 8: Fluxograma dos procedimentos metodológicos	32
Figura 9: Exemplo de buffers gerados a partir dos corpos d'água do Rio Itapetininga (sem escala)	36
Figura 10: Buffers delimitando as APP de corpos hídricos afluentes do Rio Itapetininga	36
Figura 11: Mapa de Uso e Ocupação do Solo da Sub-Bacia do Baixo Itapetininga	
39	
Figura 12: Mapa Presença de vegetação nativa no entorno dos corpos hídricos da Sub-bacia (julho a agosto de 2021)	40
Figura 13: Mapa de adequação do uso e ocupação da terra nas Áreas de Preservação Permanente da Sub-bacia do Baixo Itapetininga	43
Figura 14: Mapa de Escoamento Superficial da Sub-bacia do Baixo Itapetininga	
45	

Índice de Tabelas

Tabela 1: População Total dos municípios pertencentes à Bacia - Censos demográficos	29
Tabela 2: Valores de buffer para APP das faixas marginais dos cursos d'água segundo a Lei Federal nº 12.651/2012	35
Tabela 3: Área das classes de uso e ocupação da terra da bacia hidrográfica do Baixo Itapetininga (data do mapeamento)	39
Tabela 4: Área das APP - Corpo hídrico	43
Tabela 5: Área das APP - Nascente	43

Sumário

1 Introdução e Justificativa	13
2 Objetivos	15
3 Fundamentação Teórica	17
3.1 Geotecnologias aplicadas à análise ambiental	17
3.2 Bacias Hidrográficas	19
3.3 Áreas de Proteção Permanente	20
4 Procedimentos Metodológicos	21
4.1 Caracterização da Área de Estudo	21
4.2 Equipamentos e aplicativos computacionais utilizados	30
4.2 Base de Dados	31
4.3 Delimitação da Bacia, Corpos Hídricos e Nascentes	33
4.4 Classificação de Uso e Ocupação da terra	34
4.5 Buffer	35
4.6 Escoamento Superficial	37
5 Resultados e Discussão	38
5.1 Mapeamento de uso e cobertura da terra	38
5.2 Uso da terra nas Áreas de Preservação Permanente	42
5.3 Escoamento Superficial	44
6 Considerações Finais	47
7 Referências	49

1 Introdução e Justificativa

A história do processo de ocupação do território brasileiro durante a colonização lusitana, baseou-se em uma estrutura de exploração de recursos naturais de maneira intensa e inconsequente, não dando a devida importância aos impactos ambientais causados. Assim, estabeleceu-se através do tempo, um padrão descompensado de uso e ocupação da terra durante o desenvolvimento do setor agropecuário e da expansão da malha urbana, fator que acarretou na supressão da vegetação nativa com o aumento do desmatamento, interferindo diretamente no equilíbrio ambiental, principalmente em áreas de drenagem de bacias hidrográficas (COUTINHO, 2013).

Esta alteração de comportamento agressivo ao meio ambiente, tem causado sérias consequências como por exemplo a alteração do ciclo hidrológico, devido à retirada de vegetação nativa e/ou à impermeabilização do solo em áreas urbanas, ambas impedindo a infiltração da água no solo, não reabastecendo nascentes ou alimentando o aquífero freático, e ao mesmo tempo aumentando o escoamento superficial, o qual pode provocar inundações em determinadas áreas, bem como, potencializar processos erosivos e ou assoreamento em pontos mais baixos de relevo e leito de rios. Nesse contexto, PIROLI (2016) constata que por muitas vezes a água:

[...] mesmo com toda essa importância, vem sendo sistematicamente maltratada em quase todos os lugares do mundo via mudanças e interferências nos seus ciclos, caminhos e estados. Como consequência, ao tentar se adaptar a estas mudanças causa estragos e prejuízos às pessoas e suas estruturas, que por desconhecerem ou desconsiderarem suas características, ocupam locais que naturalmente são da água e que ela não pode deixar de usar na sua dinâmica.

Ademais, a ausência de um manejo adequado da água pode gerar uma crise hídrica levando à escassez de água devido aos reflexos ambientais das questões supracitadas, e ainda a distribuição de águas contaminadas onde segundo VALCARCEL (1995):

A ausência de um programa de Manejo de Bacias Hidrográficas é perceptível pela população, uma vez que é ela quem arca com o ônus

financeiro do tratamento das águas e social-medicina preventiva, decorrente de enfermidades veiculadas pela água, pois em termos de qualidade da água, não é similar a de um manancial corretamente manejado.

Com relação às bacias hidrográficas, é importante ressaltar que estas se fazem a unidade ideal para a execução de trabalhos envolvendo recursos naturais, devido seu agente principal, a água, ser o bem essencial e necessário a todos os meios com os quais tem contato, sejam eles físicos-naturais ou sócio-econômicos e culturais, e sua melhor conservação se dá através da gestão integrada do principal condicionante do ciclo hidrológico, bem como dos elementos em seu entorno (YASSUDA,1993).

Desta forma, para que haja condições básicas de planejamento, visando a uma estabilidade ambiental, é necessária a delimitação das interferências antrópicas sobre o meio, a fim de regularizar e barrar ações que possam vir a ser negativas. Para isso, atualmente, se faz vigente a Lei de Proteção da Vegetação Nativa (LPVN), correspondente a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012 (BRASIL, 2012) e alterações posteriores, a qual, em um de seus artigos, determina a proteção de áreas ambientalmente frágeis e vulneráveis, podendo ser públicas ou privadas, urbanas ou rurais, cobertas ou não por vegetação nativa de forma permanente.

As áreas de proteção permanente (APPs) são definidas como todas as áreas ambientalmente frágeis e de importância ecológica/ambiental que devem permanecer cobertas por vegetação nativa, para a preservação de suas funções, sendo elas quaisquer florestas e formas de vegetação natural que sejam localizadas em cursos d'água perenes ou intermitentes; em áreas de entorno de lagos e lagoas naturais; áreas entorno de reservatórios d'água artificiais, como barramentos e represamentos; no entorno de nascentes e olhos d'água perenes; em restingas, manguezais, topos de morros, chapadas e faixas marginais, cada qual com suas delimitações técnicas de adequação.

Apesar de ser bastante abrangente quanto às determinações de áreas de proteção, a legislação ambiental brasileira se torna falha, muitas vezes, por não ter eficiência em metodologias e suportes de fiscalização do cumprimento de suas leis; problema que pode ser facilmente sanado com a aplicação de técnicas de geoprocessamento nas análises e delimitações de áreas de proteção ambiental,

para identificação da ocorrência de conflitos de uso da terra ou mesmo diagnósticos de vulnerabilidade (NASCIMENTO, 2005).

Deste modo, este trabalho pretende contribuir academicamente para a demonstração da viabilidade técnica da aplicação de técnicas de geoprocessamento para a delimitação de áreas de preservação permanente e seus usos adequados e inadequados conforme a legislação vigente, pretendendo analisar melhores formas de planejamento territorial e gestão de bacias hidrográficas, pretendendo ainda, avaliar os dados da ausência de vegetação através de uma ponderação com dados de escoamento superficial através do método Curva Número (CN -SCS).

A necessidade deste estudo se dá da crescente ocupação das áreas da região para atividades agropecuárias, que associados ao crescimento demográfico e urbano têm recorrentemente suprimido a vegetação em sua ocupação, interferindo diretamente no equilíbrio natural, da flora, fauna e do ciclo hidrológico.

2 Objetivos

O objetivo geral deste trabalho foi a realização do mapeamento das características físico-espaciais da Bacia Hidrográfica da Baixo Itapetininga, e o desenvolvimento dos mapeamentos do uso e cobertura do solo e de Áreas de Preservação Permanente (APP) utilizando ferramentas de geoprocessamento para constatar os usos atuais da área de estudo e a adequação das áreas de proteção de acordo com a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, contribuindo para o reconhecimento da real situação de áreas de APP, dos níveis de escoamento superficial das chuvas no solo e das medidas a serem tomadas para um bom manejo de bacia.

3 Fundamentação Teórica

3.1 Geotecnologias aplicadas à análise ambiental

A utilidade e viabilidade do processamento de dados através de geotecnologias tem se tornado cada vez mais frequente por sua praticidade de processamento geoespaciais em massa, e sua vasta base de dados, PIROLI (2010, p.6) analisa a estrutura da palavra geoprocessamento como;

O termo Geoprocessamento pode ser separado em geo (terra – superfície – espaço) e processamento (de informações – informática). Desta forma, pode ser definido como um ramo da ciência que estuda o processamento de informações georreferenciadas utilizando aplicativos (normalmente SIG), equipamentos (computadores e periféricos), dados de diversas fontes e profissionais especializados. Este conjunto deve permitir a manipulação, avaliação e geração de produtos (geralmente cartográficos), relacionados principalmente à localização de informações sobre a superfície da terra.

Desde 1980, com avanços em computação gráfica, os Sistemas de Informação Geográfica vêm ganhando cada vez mais espaço, inicialmente em aplicações de análises ambientais e em tempos mais recentes com o surgimento das imagens de alta resolução tem estado atuante em temáticas urbanas (ALMEIDA, 2007).

SAITO (1995 apud. MOREIRA, 2009), no entanto, alerta para a necessidade de atenção e cuidado no seu uso, pois segundo ele é indispensável que o pesquisador estabeleça um planejamento antes de desenvolver as análises, uma vez que os dados finais possam tornar claras as intenções do autor com dadas informações.

Considerando as ferramentas englobadas pelo geoprocessamento, Lorini et.al. (1996 apud. MOREIRA, 2009), consideram o Sistema de Informações Geográficas (SIG) a ferramenta primordial para qualquer estudo ambiental, uma vez que estes:

- incorporam a dimensão espacial dos fenômenos em estudo de forma consistente e definitiva;

- trabalham a natureza complexa e multidisciplinar das variáveis, facilitando a análise integradora;
- otimizam o tempo e a forma de obtenção de informações analíticas e sintéticas tornando mais robusto o apoio às decisões; e
- geram informações simultaneamente precisas e de fácil compreensão, melhorando a cooperação institucional e privada.

Prevalecendo o cuidado na produção de informações a serem disseminadas como orienta SAITO (1995), podemos afirmar que o uso de geotecnologias é, de fato, fundamental para as análises geográficas considerando o Espaço como base orientadora de estudos ambientais. PIROLI et al. (2012) dissertam ainda sobre a fundamentalidade das geotecnologias para a localização das devidas áreas de estudo e principalmente para uma análise temporal contínua, considerando a facilidade de atualização dos dados.

Dada a necessidade de inovação e aprofundamento na área das geotecnologia, a ferramenta de processamento a ser utilizada no presente projeto é o Google Earth Engine, que se caracteriza por ser uma plataforma integrada projetada em nuvem com funções de GIS (Geographic Information System) para análises geoespaciais em escala planetária. A ferramenta é totalmente gratuita e conta com uma vasta base de dados, dependendo apenas da linguagem de programação Python para seu processamento. (GORELICK, 2017).

3.2 Bacias Hidrográficas

A bacia hidrográfica é um elemento determinante para a análise de ciclo hidrológico, com enfoque para os fenômenos de infiltração e escoamento superficial. Ela é definida por ARAÚJO et al. (2009) como;

[...] uma área limitada por um divisor de águas, que a separa das bacias adjacentes e que serve de captação natural da água de precipitação através de superfícies vertentes. Por meio de uma rede de drenagem, formada por cursos d'água, ela faz convergir os escoamentos para a seção de exutório, seu único ponto de saída (Linsley e Franzini, 1978; Tucci, 1997). Isso significa que a bacia é o resultado da interação da água e de outros recursos naturais como: material de origem, topografia, vegetação e clima. Assim, um curso d'água, independentemente de seu tamanho, é sempre o resultado da contribuição de determinada área topográfica, que é a sua bacia hidrográfica (Brigante & Espíndola, 2003).

Esta se caracteriza por ser uma unidade física básica do território, moldada a partir da atuação de chuva, água, solo e geologia e são as melhores unidades de planejamento, gestão e manejo, uma vez que tiveram seus limites físicos e bióticos formados pela evolução natural do planeta. (PIROLI, 2016)

Segundo TUCCI (2005) a legislação de proteção de mananciais aprovada na maioria dos Estados brasileiros protege a bacia hidrográfica utilizada para abastecimento das cidades. Nessas áreas, é proibido o uso do solo urbano que possa comprometer a qualidade da água de abastecimento.

Deste modo, PIROLI (2013) afirma que:

O pressuposto básico da gestão de bacias deve ser o do uso múltiplo dos recursos hídricos. A água proveniente das chuvas deve ser aproveitada pelos ecossistemas em todos os seus momentos dentro do seu ciclo na área de uma bacia. Desde o instante em que precipita, ela deve remover impurezas de sobre as folhas, galhos e troncos das plantas. Em seguida, deve se infiltrar no solo de maneira suave, levando para seu interior umidade e nutrientes. Na sequência, a água deve percolar profundamente, até chegar aos depósitos subterrâneos, onde deve contribuir para a manutenção do lençol freático, para a formação das nascentes ou ficar armazenada nos aquíferos.

3.3 Áreas de Proteção Permanente

As áreas de proteção permanente (APPs) são definidas como todas as áreas ambientalmente frágeis e de importância ecológica/ambiental que devem permanecer cobertas por vegetação nativa, para a preservação de suas funções, sendo elas quaisquer florestas e formas de vegetação natural que sejam localizadas em cursos d'água perenes ou intermitentes; em áreas de entorno de lagos e lagoas naturais; áreas entorno de reservatórios d'água artificiais, como barramentos e represamentos; no entorno de nascentes e olhos d'água perenes; em restingas, manguezais, topos de morros, chapadas e faixas marginais, cada qual com suas delimitações técnicas de adequação.

E é visando a preservação dessas estruturas de estabilidade natural que se fazem tão importantes os devidos monitoramentos de áreas naturais de proteção ambiental como APP's; necessidade essa cada vez mais acessibilizada por novas tecnologias de processamento que podem ser voltadas para estes estudos específicos e para o devido cumprimento das leis de proteção, como as presentes no Código Florestal e na Lei 12.651/2012 de desenvolvimento sustentável.

No entanto de acordo com PIROLI (2013) há ainda uma grande dificuldade em trabalhar com dados de APP uma vez que são de difícil obtenção e que não costumam resultar em informações precisas e em escalas adequadas, uma vez que a mesma compõe margens de rios e córregos com larguras pequenas

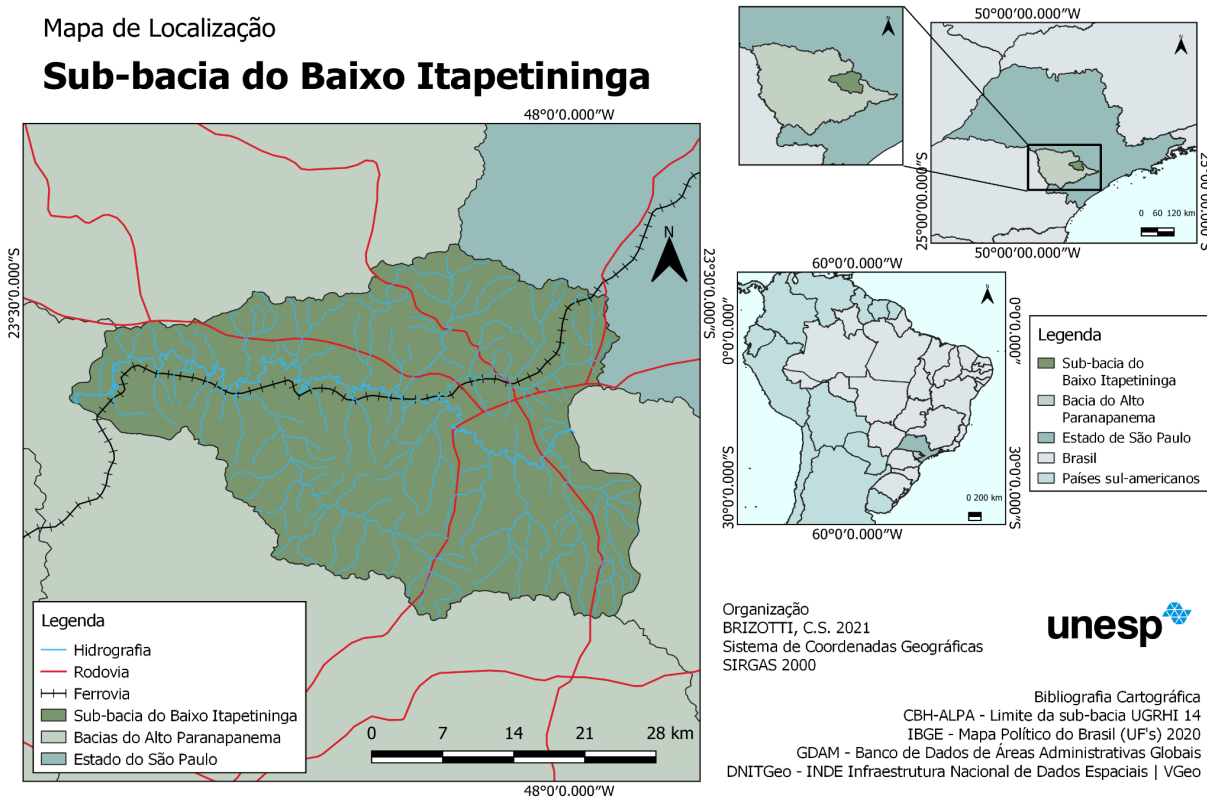
4 Procedimentos Metodológicos

4.1 Caracterização da Área de Estudo

A Bacia Hidrográfica do Baixo Itapetininga está inserida no leste da Bacia Hidrográfica do Alto Paranapanema, que integra a Unidade Hidrográfica de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI) - 14, localizada no estado de São Paulo (Figura 1); seu território abrange de forma parcial 5 municípios, sendo eles: Itapetininga, Angatuba, São Miguel Arcanjo, Guareí e Campina do Monte Alegre.

O rio Itapetininga possui comprimento de 164,31 km e é classificado como um rio de classe 2, fator que indica a qualidade da água favorável ao abastecimento para consumo humano, após tratamento, irrigação, recreação, entre outras atividades de pesca e proteção a comunidades aquáticas (CONAMA, 2005).

Figura 1: Mapa de Localização da Sub-Bacia Hidrográfica do Baixo Itapetininga



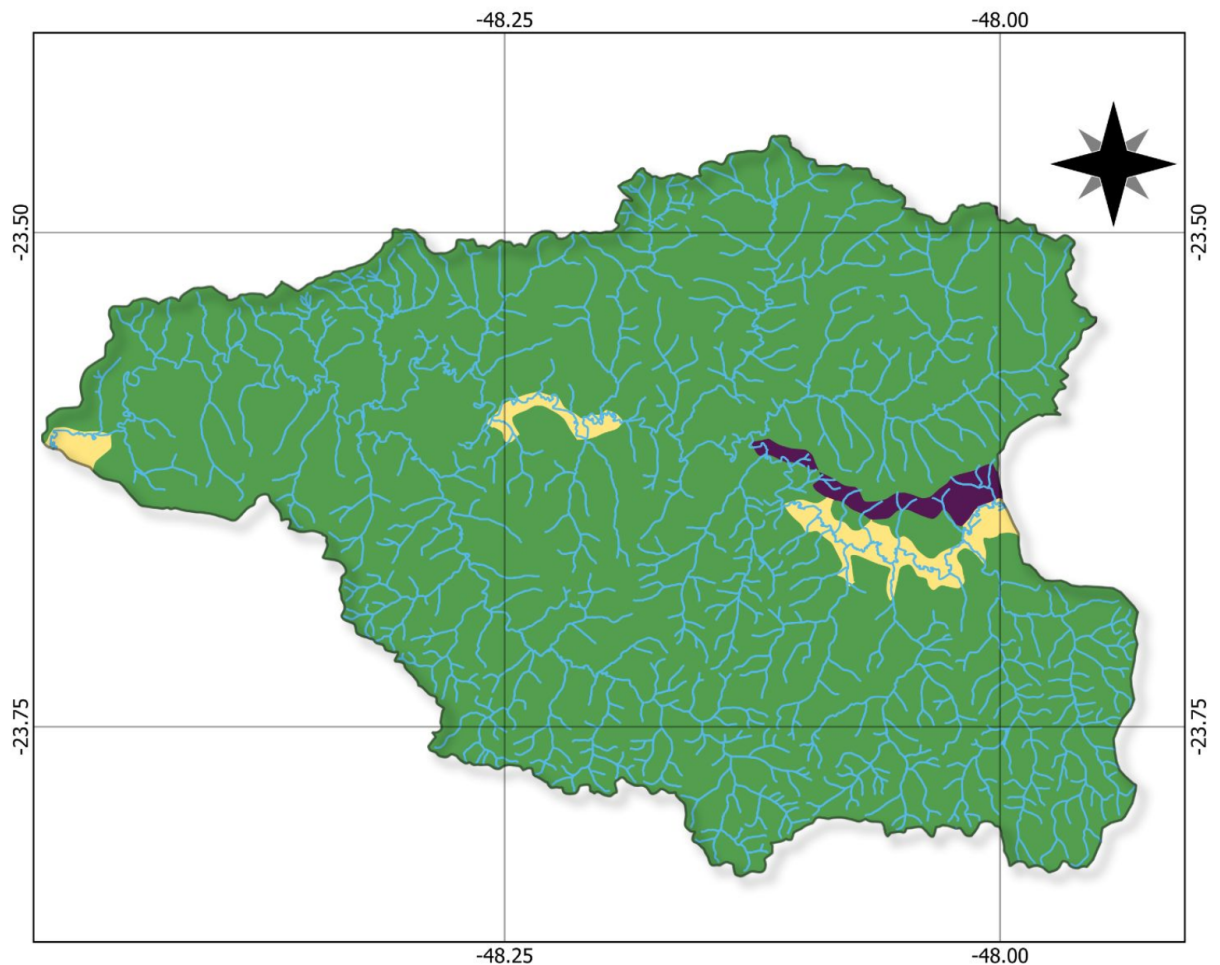
A área de estudo se faz presente na morfoestrutura do Planalto Atlântico e Bacia Sedimentar do Paraná e na morfoescultura da Depressão Periférica Paulista

(Ross; Moroz, 1996), esta que por sua vez apresenta topos suavizados com altitudes que predominam um intervalo entre 610 a 750 metros (Figura 5). A Unidade Geomorfológica (Figura 2) predominante na região é o Patamar de Ponta Grossa - Itapetininga, caracterizada por sedimentos do período geológico permianos compostos por arenitos, siltitos e folhelhos dos grupos Guatá e Passa-Dois (OLIVEIRA, 2003), no entanto, também se encontram trechos da Depressão Periférica do Médio Tietê e Planícies e Terraços Fluviais ao longo de seu principal corpo hídrico.

Sua estrutura geológica (Figura 3) apresenta a predominância do Grupo Itararé, mas também as Formações Irati, Tatuí, Teresina, Pirambóia e Serra Geral e os Depósitos Aluvionares e Terraços Holocênicos. A área de estudo também conta com uma pedologia marcada por Latossolos Vermelhos Distróficos e Argissolo Vermelho-Amarelos Distróficos (OLIVEIRA, 2003).

Suas condições climáticas, de acordo com Köeppen são classificadas como Cwa, clima subtropical úmido, o qual recebe influência de massas de ar tropicais e polares, apresentando invernos secos e verões quentes e chuvosos. Sua precipitação média corresponde a 1250 mm/ano e sua média de temperatura se aproxima de 19.8° C, com máxima de 22.8°C e mínima de 16.2°C (IAC, 2008)

Figura 2: Mapa de geomorfologia da Sub-bacia Do Baixo Itapetininga



Limite da Sub-bacia

Hidrografia

Corpo d'água continental

Geomorfologia

Depressão Periférica do Médio Tietê

Patamar de Ponta Grossa - Itapetininga

Planícies e Terraços Fluviais

1:235.000

0 5 10 15 km



Organização:

BRIZOTTI, C.S. 2022

Sistema de Coordenadas Geográficas:

Sirgas 2000

Bibliografia Cartográfica:

BDiA - Banco de Informações Ambientais | IBGE

DNITGeo - INDE Infraestrutura Nacional

de Dados Espaciais | VGeo

Figura 3: Mapa de geologia da Sub-bacia Do Baixo Itapetininga

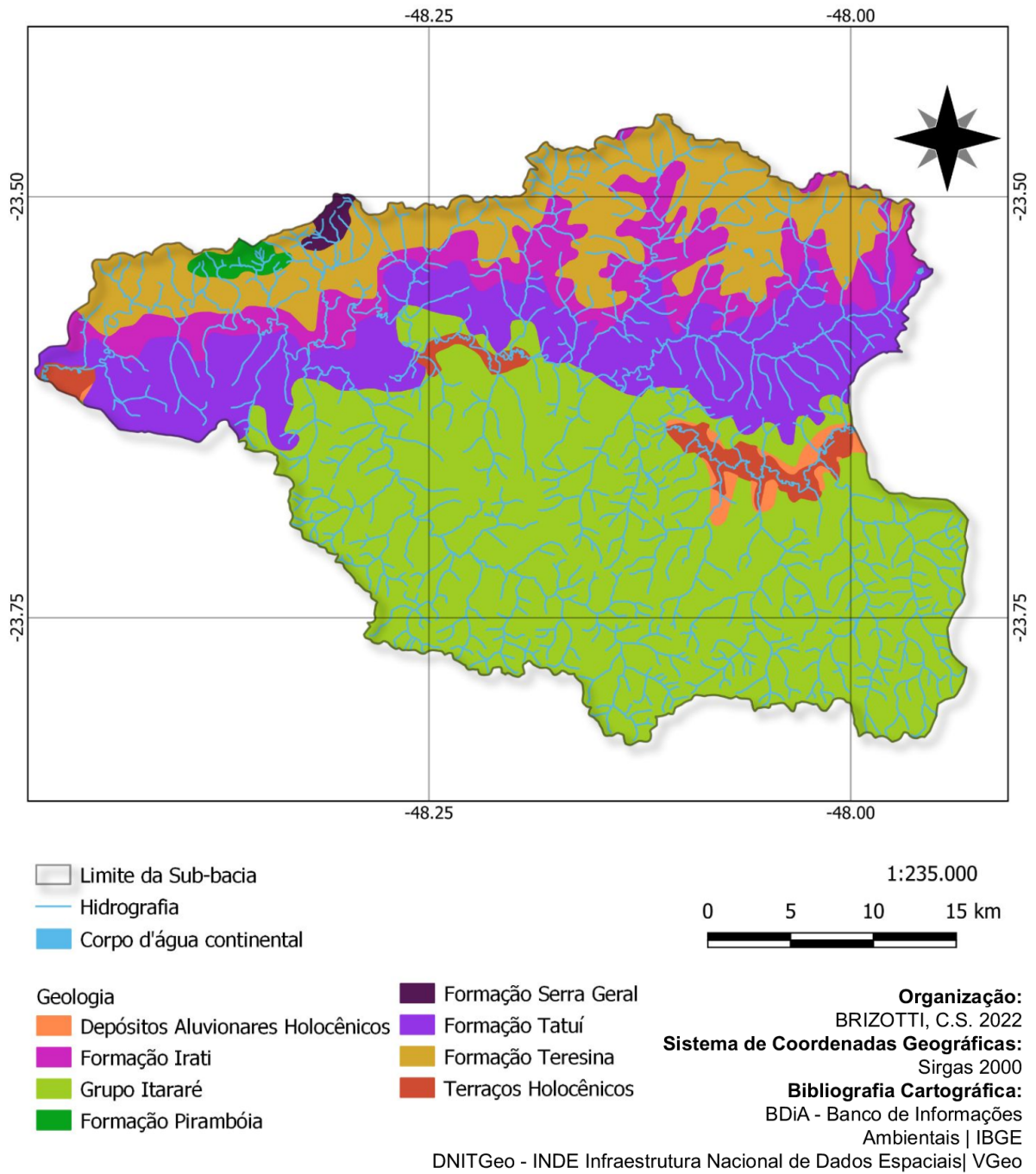
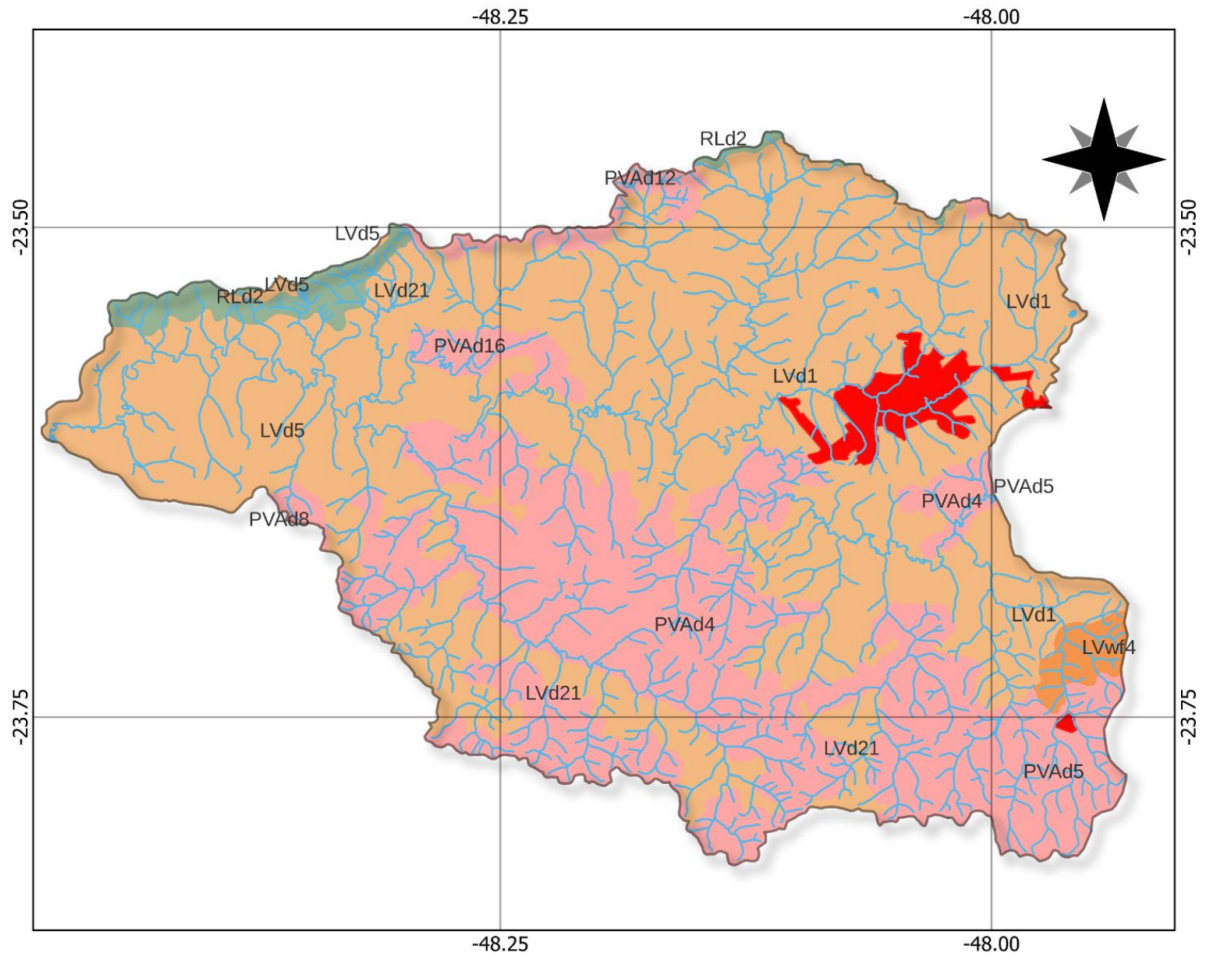










Figura 4: Mapa de pedologia da Sub-bacia Do Baixo Itapetininga

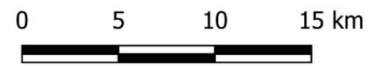


-  Limite da Sub-bacia
-  Hidrografia
-  Área Urbana
-  Corpo d'água continental

Pedologia

-  LVd - Latossolo Vermelho Distrófico
-  LVwf - Latossolo Vermelho Acriférico
-  PVAd - Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico
-  RLd - Neossolo Litólico Distrófico

1:235.000



Organização:

BRIZOTTI, C.S. 2022

Sistema de Coordenadas Geográficas:

Sirgas 2000

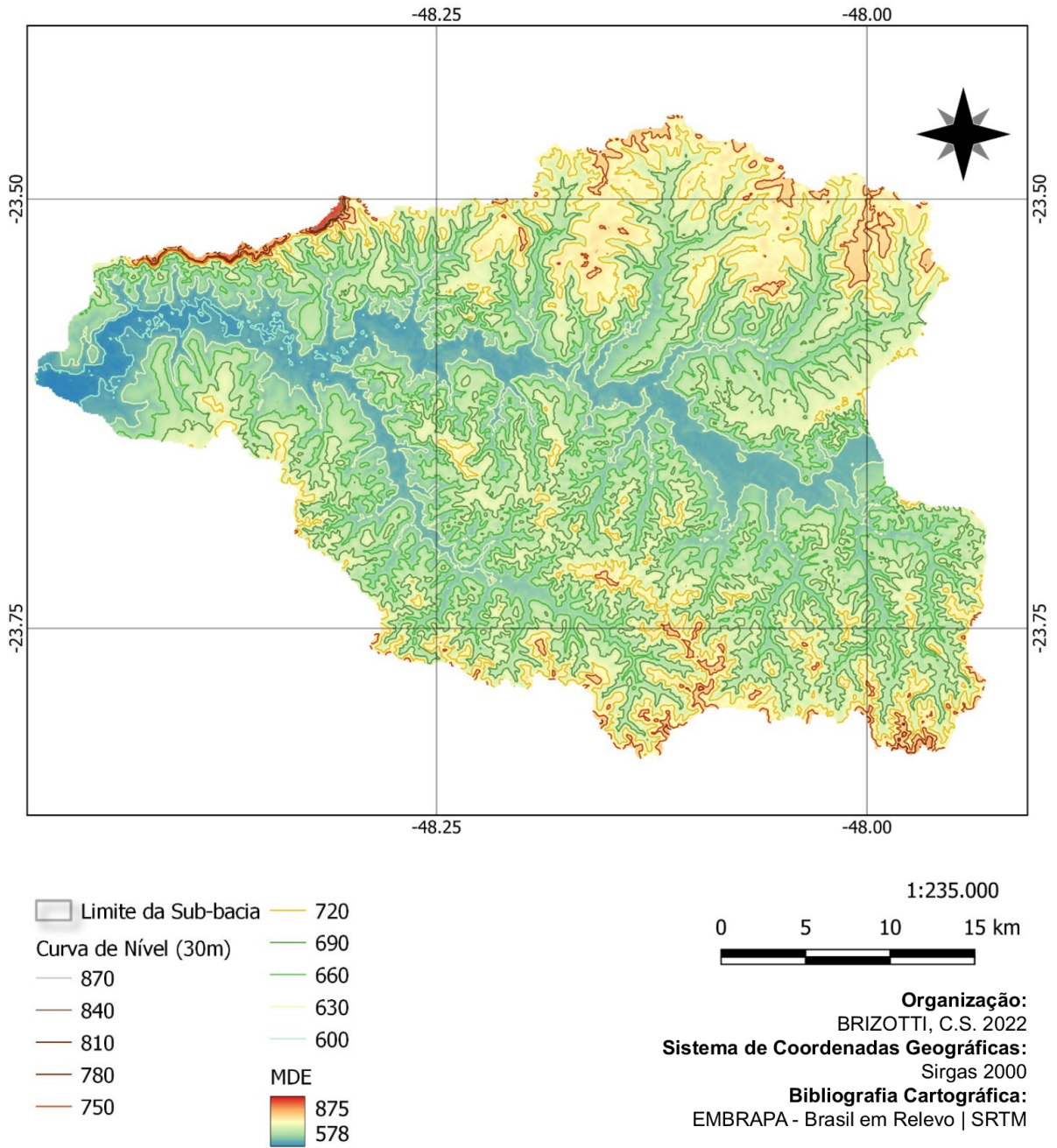
Bibliografia Cartográfica:

BDiA - Banco de Informações Ambientais | IBGE

DNITGeo - INDE Infraestrutura Nacional

de Dados Espaciais | VGeo

Figura 5: Mapa de Altimetria Sub-bacia Do Baixo Itapetininga



De acordo com dados do Banco de Informações Ambientais - IBGE (2021) a sub-bacia do Baixo Itapetininga, tem por característica uma cobertura vegetal natural Savânica (S), em conflito com áreas de contato (floresta de transição), e um pequeno trecho a noroeste da bacia marcado por Floresta Estacional Semidecidual.

No entanto, seu uso e cobertura atual evidenciam a maior parte da área da bacia em estado de aproveitamento agropecuário. (Figuras 6 e 7)

Figura 6: Mapa de Cobertura Vegetal da Sub-bacia Do Baixo Itapetininga

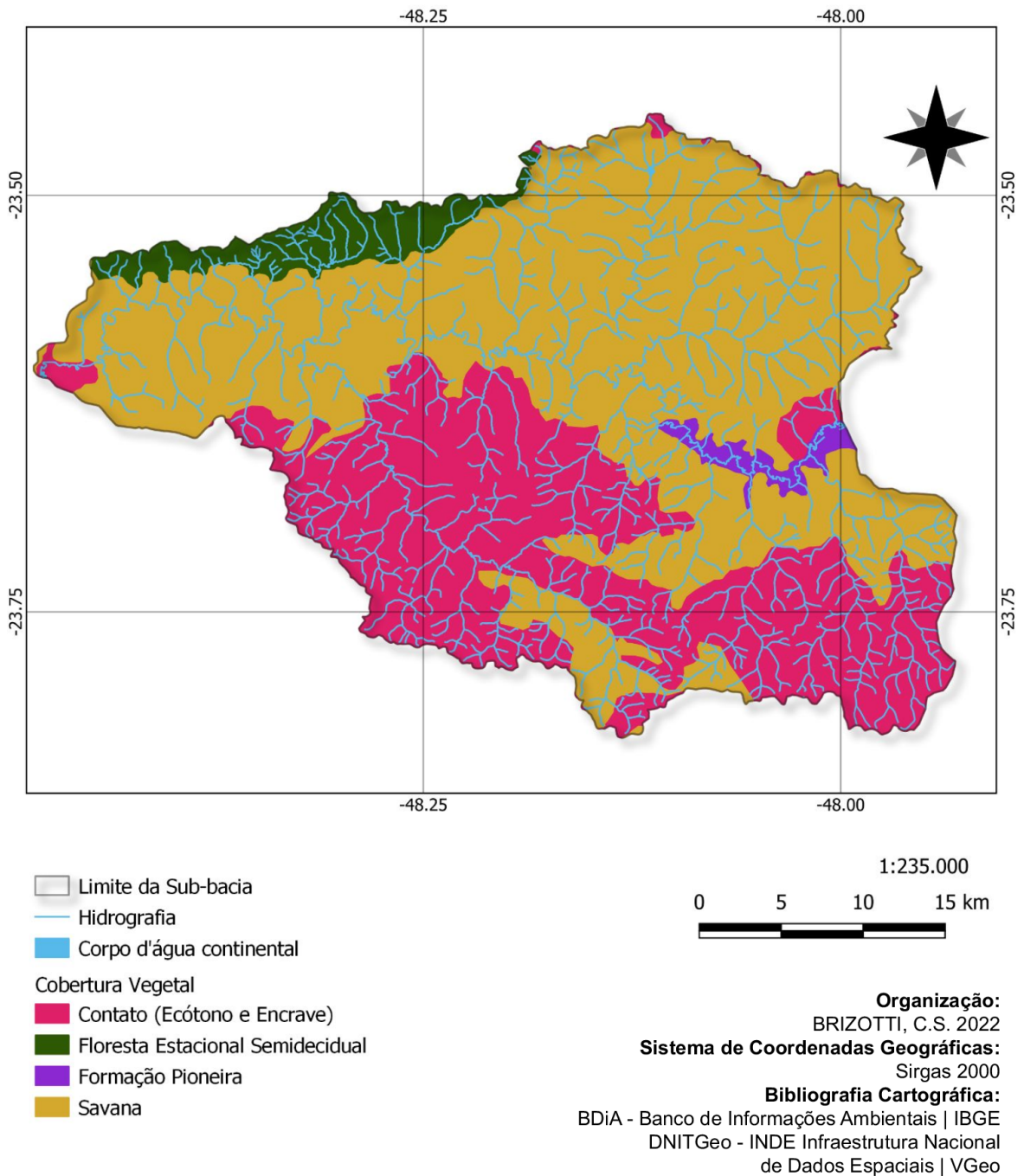
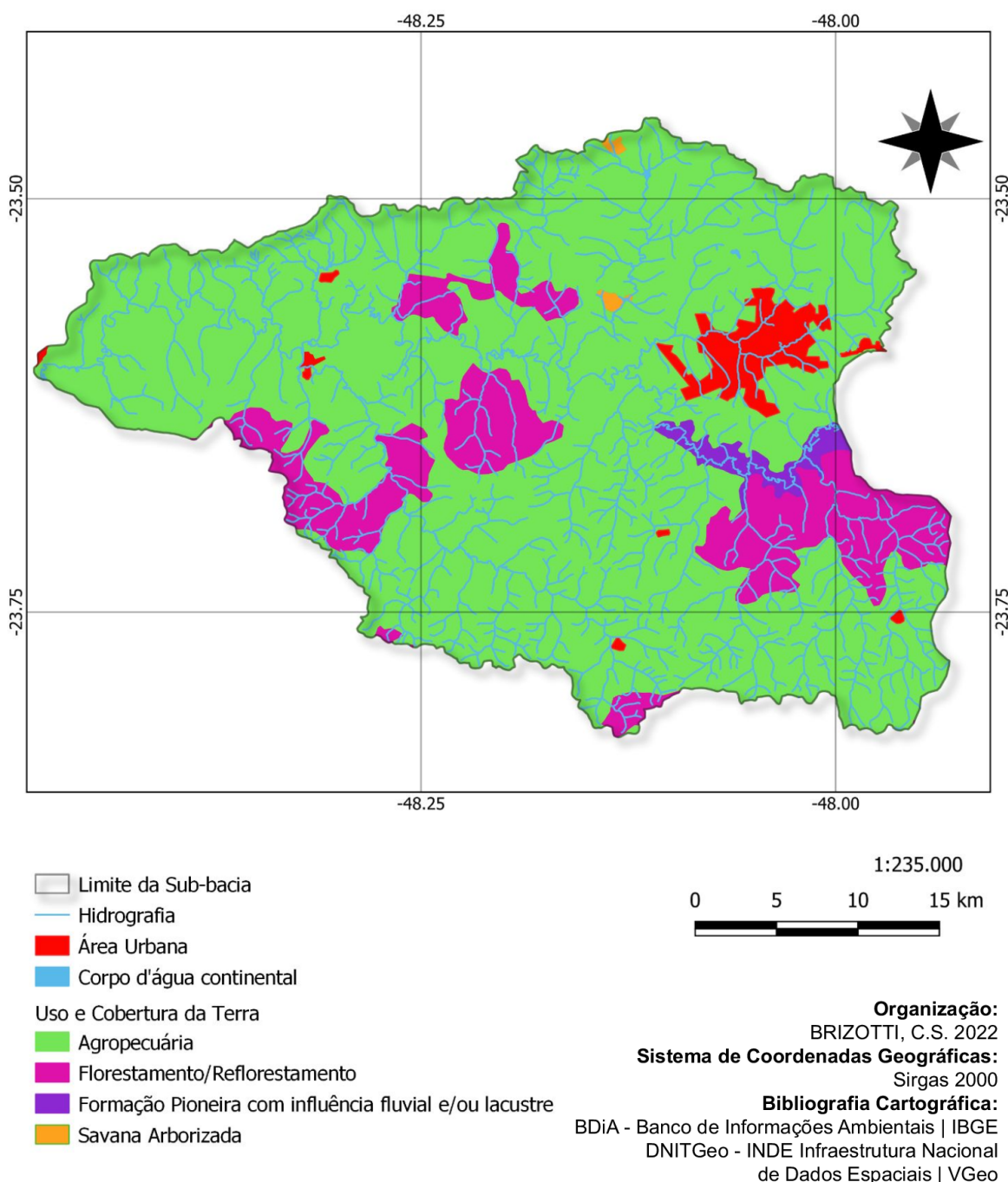


Figura 7: Mapa de Uso e Cobertura da Terra da Sub-bacia Do Baixo Itapetininga



Durante os últimos anos a região apresentou constante crescimento populacional e desenvolvimento econômico, tanto urbano quanto rural; sendo que de acordo com os dados censitários do IBGE nos últimos 30 anos a População Total aumentou cerca de 92.665 pessoas; compondo parte do grupo de municípios que OLIVEIRA (2020) considera ter sofrido uma explosão populacional nos últimos 10 anos passando de 36% para 40% do total de habitantes do país.

Tabela 1: População Total dos municípios pertencentes à Bacia - Censos demográficos

População Total Residente				
Município	1980	1991	2000	2010
Angatuba (SP)	17052	21127	19297	22210
Campina do Monte Alegre (SP)	0	0	5209	5567
Guareí (SP)	6926	8470	10197	14565
Itapetininga (SP)	84381	105132	125559	144377
São Miguel Arcanjo (SP)	17145	25382	30798	31450
Total	125504	160111	191060	218169

Fonte: IBGE Sidra - Censo Demográfico

Dado este significativo acréscimo populacional e os aspectos de uso da terra fornecidos pelo IBGE, faz-se necessária uma análise de quais estão sendo ou, se estão acontecendo impactos ambientais, partindo da associação de ambos fatores quando as cidades são os espaços onde mais ocorrem impactos negativos ao meio ambiente, os quais podem vir a acarretar um conjunto de mudanças desfavoráveis à natureza.

4.2 Equipamentos e aplicativos computacionais utilizados

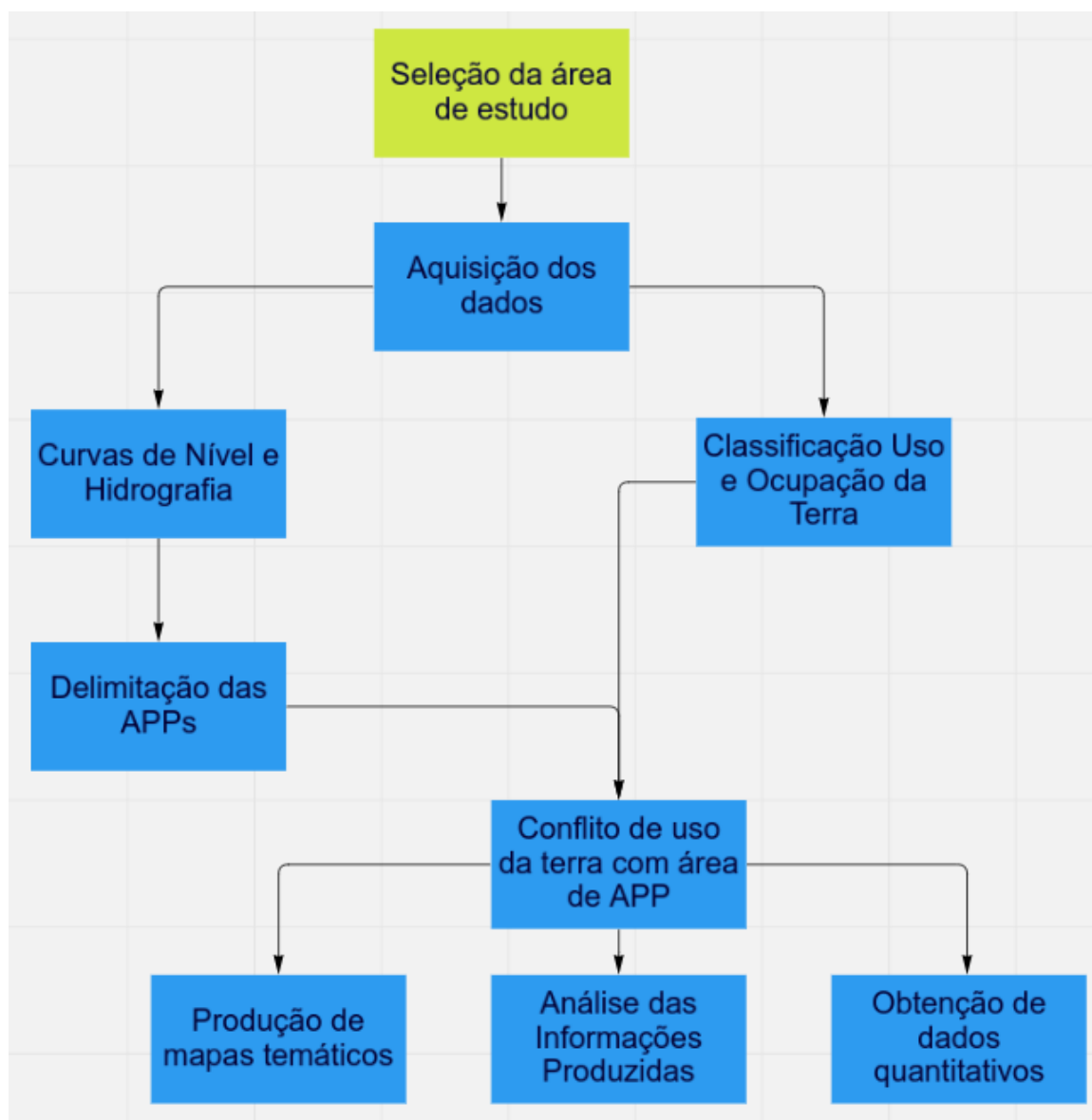
- a) Foram utilizados computadores com 16GB de memória RAM, com processador Intel® Core™ i5 11ª geração e velocidade de processamento de 2.40GHz × 8 e armazenamento de 256GB SSD;
- b) Aplicativos: QGIS Versão 3.22.7 'Białowieża' for Windows;
- c) Plataforma de Análise Geoespacial: Google Earth Engine - Code Editor;

4.2 Base de Dados

- a) Dados Geomorfométricos de Altitude(m) com 30 metros de resolução, com as nomenclaturas: 23_495 e 23_48, TOPODATA (2008) ;
- b) Mosaicos SRTM com 90 metros de resolução, com as nomenclaturas: SF-22-Z-D e SF-23-Y-C, EMBRAPA (2005-2006);
- c) ANA - Curve Number da Base Hidrográfica Ottocodificada;
- d) INMET - Média de Precipitação Mensal - Estação A715;
- e) Catálogo de Imagens Landsat 8/OLI - Google Engine, com intervalo de junho a agosto de 2021.

Para o desenvolvimento do trabalho, após a seleção da área de estudo, a metodologia utilizada dependeu da aquisição de dados para análise das características da região, gerando mapas temáticos de geologia, geomorfologia, pedologia, altimetria e de dados prévios de cobertura da terra disponibilizados pelo IBGE. Um aprofundamento da análise da bacia dependeu ainda, da determinação de seus corpos hídricos e do cálculo de suas áreas de proteção através de buffers, que posteriormente foram associados a classificação de uso da terra gerada no Google Earth Engine, para dar resultado ao mapa temático de adequação das áreas de proteção permanente, ao quais serão analisado neste trabalho. (Figura 8)

Figura 8: Fluxograma dos procedimentos metodológicos



Fonte: Elaborado pelo autor.

4.3 Delimitação da Bacia, Corpos Hídricos e Nascentes

Para a Delimitação da Bacia Hidrográfica foram utilizados os arquivos .tif coletado na base de dados TOPODATA com 30 metros de resolução, ambos os raster's passaram por reprojeções para correção do datum e em seguida foram utilizados para a obtenção de um mosaico através da função 'mesclar', este mosaico de saída por sua vez foi aplicado no módulo '*r.watershed*' para a extração da camada denominada '*Drainage direction*', e também dos Segmento de fluxo que darão origem ao vetor de corpos hídricos por meio de conversão e dos pontos de nascente ou '*junctions*'.

Após o processamento deste raster inicial com as direções de drenagem utilizou-se a função '*r.water.outlet*' para delimitar a bacia hidrográfica através das coordenadas do Ponto de Exutório, selecionadas automaticamente na imagem.

4.4 Classificação de Uso e Ocupação da terra

Os procedimentos executados na elaboração dos mapas de classificação do uso e ocupação da terra consistiram na articulação lógica de dados de programação de base Python, para aplicação na ferramenta de computação em larga escala Google Earth Engine, utilizando imagens do satélite Landsat 8 obtidas pelo Instrumento OLI (Operational Land Imager) as quais possuem uma resolução espacial de 30 m, para produção do mapa de uso da terra e para identificação das APP das drenagens dos corpos d'água da área.

Na plataforma GEE executaram-se os processos de remoção de nuvens e sombra de nuvens das cenas do satélite Landsat 8/OLI que contaram com um intervalo de imagens dos meses 06 a 08 de 2021, para que houvesse um intervalo considerável de pixels de uma mesma área para quando fossem aplicados os filtros de nuvens não faltassem lacunas na coleção de imagens final que não pudessem ser classificadas. Depois calculou-se a mediana imagem foi feita a seleção manual dos pixels em cores reais RGB 4-3-2 para a classificação, que contou com 30 amostras para cada classe, sendo as classes utilizadas: vegetação nativa, áreas de drenagem, área urbana, áreas destinadas à agropecuária e solo exposto a qual utilizou o índice de vegetação Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) (Equação 1)¹ e correu através do classificador Random Forest para a classificação supervisionada.

$$^1\text{NDVI} = (\sigma_{\text{NIR}} - \sigma_{\text{R}}) / (\sigma_{\text{NIR}} + \sigma_{\text{R}})$$

Onde NIR é a reflectância no infravermelho próximo e R a reflectância no vermelho.

4.5 Buffer

Com as camadas da rede de drenagem e das nascentes vetorizadas, os buffers foram criados após uma filtragem da largura do corpo hídrico através da tabela de atributos, que resultou nas classificações:(Tabelas 2 e 3)

Tabela 2: Valores de buffer para APP das faixas marginais dos cursos d'água segundo a Lei Federal nº 12.651/2012

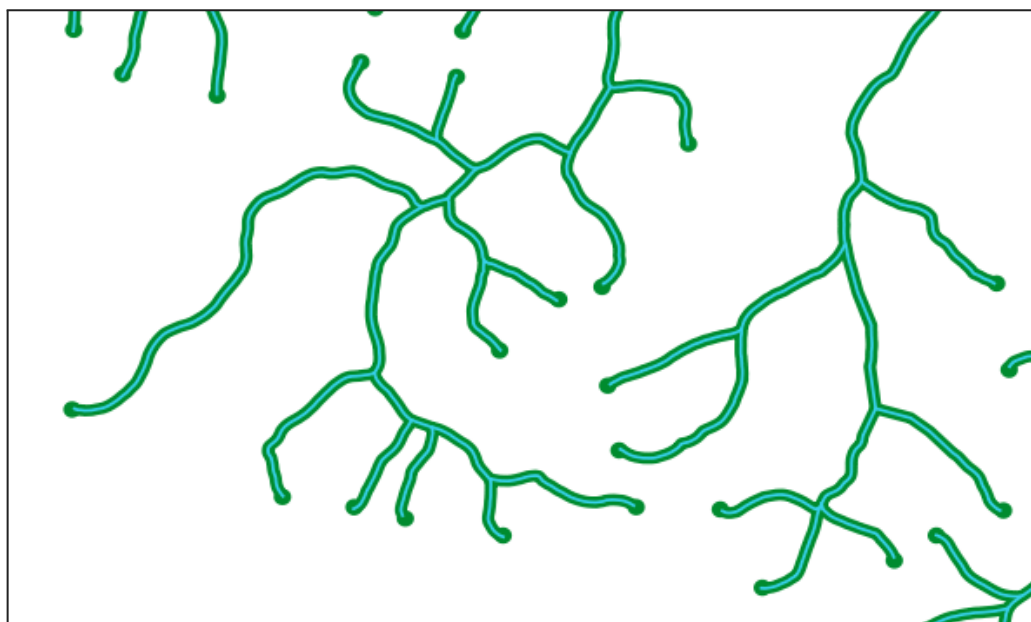
Largura do curso d'água (m)	APP (m)
Até 10 m	30 m
Entre 10 e 50 m	50 m
Entre 50 e 100 m	100 m
Entre 200 e 600 m	200 m
Superior a 600 m	500 m
Nascentes e olhos d'água perenes	Raio de 50 m

Fonte: BRASIL. Lei Nº 12.651, de 25 de 2012.

Através das funções do complemento SAGA para as redes de drenagem com o módulo *'Features tools - Variable distance buffer'* e através do módulo *'Buffer multi-anel (distância constante)'* foram gerados os buffers para as áreas de nascente.

Após finalizados os buffers os mesmos foram recortado com base na máscara de vegetação nativa resultado da classificação de uso do solo para que se apresentasse a diferença entre as áreas

Figura 9: Exemplo de buffers gerados a partir dos corpos d'água do Rio Itapetininga (sem escala)



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 10: Buffers delimitando as APP de corpos hídricos afluentes do Rio Itapetininga



Fonte: Elaborado pelo autor.

4.6 Escoamento Superficial

Por sua vez, o escoamento superficial foi determinado através do Método SCS - Soil Conservation Service com a junção do metadados disponibilizados pela Agência Nacional das Águas ANA - Curve Number da Base Hidrográfica Ottocodificada e da média de precipitação mensal obtida pela Estação A715 do INMET, localizada no município de São Miguel Arcanjo.

Os dados foram gerados através da Calculadora de Campo, do QGIS, disponível na Tabela de Atributos, com as seguinte orientações:

$$S = (25400/CN) - 254$$

$$Q = ((Pm - 0,2*S)^2) / Pm + 0,8*S$$

Onde; CN = valor Curva-Numero presente nos metadados

S = Índice de saturação

Pm = Precipitação média

Q = Escoamento Superficial

5 Resultados e Discussão

5.1 Mapeamento de uso e cobertura da terra

Segundo (FERNANDES et. al., 1999 apud. PIROLI, 2002) para que se haja uma agricultura prudente, é primordial que se faça um estudo do uso da terra, pois a forma como a terra está sendo efetivamente utilizada influencia diretamente sobre a produtividade dos solos, sua erodibilidade e fragilidade. Portanto, o estudo da terra deve definir sua capacidade de uso, para que haja uma exploração racional da terra, de modo que não haja riscos pela sua utilização.

A ocupação predatória da terra, que não avalia danos potenciais é fortemente prejudicial ao meio, e é por este fator que deve-se levar em conta as orientações e determinações de órgãos ambientais quanto a ocupação do solo, e é dado a este mesmo agente a importância de avaliação do usos do solo nas regiões de estudo, e se sua predominância possui caráter econômico, ou visa um equilíbrio de consciência ambiental.

A intensificação da mudança no uso e cobertura da terra, que se deu a partir das últimas décadas do século XX, traz sérias consequências, que impactam até mesmo o ciclo hidrológico, pois em condições de vegetação natural, com o solo devidamente coberto por florestas, aproximadamente 80% da água da chuva infiltrava, alimentando os aquíferos, recarregando as nascentes e os rios perenes; no entanto com as práticas agropecuárias e a expansão da malha urbana, os solos estão cada vez mais compactados e impermeabilizados de modo que atualmente a mais parte da água da chuva escoar superficialmente (PIROLI, 2015)

Figura 11: Mapa de Uso e Ocupação do Solo da Sub-Bacia do Baixo Itapetininga

Mapa de Uso e Ocupação do Solo da Sub-bacia do Baixo Itapetininga

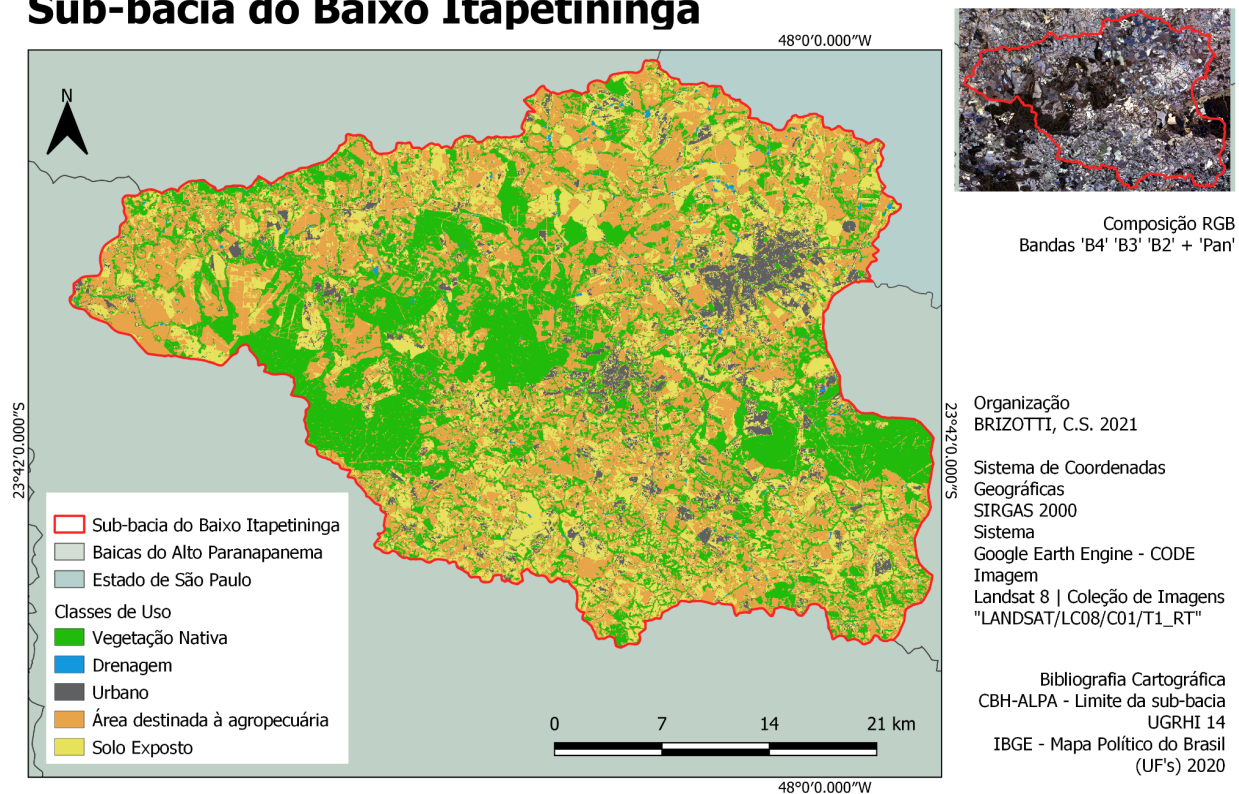


Tabela 3: Área das classes de uso e ocupação da terra da bacia hidrográfica do Baixo Itapetininga (julho a agosto de 2021)

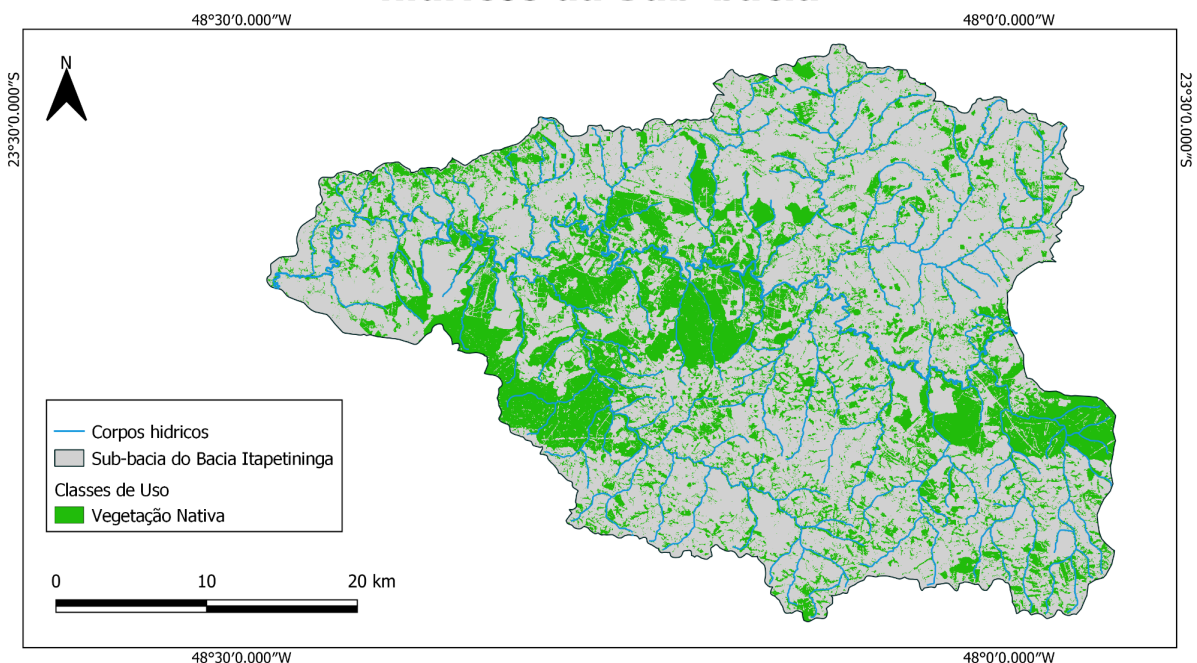
Classes de Usos	Área (ha)	%
Vegetação Nativa	44842,543	31,686
Agropecuária	52254,273	36,923
Urbano	9524,737	6,730
Drenagem	805,733	0,569
Solo Exposto	34096,101	24,092
Área Total da Bacia	141523,388	100,000

Fonte: Elaborado pelo autor.

Deste modo, para a classificação de vegetação nativa a plataforma Google Earth Engine se mostrou bastante satisfatória, apontando 31,6% da área com vegetação nativa no território da bacia, e uma área total de 67,7% de área antropizada como podemos observar no mapa que segue abaixo, o qual apresenta um grande desmatamento e presença de ações antrópicas voltadas a interesses econômicos baseados no comércio local.

Figura 12: Mapa Presença de vegetação nativa no entorno dos corpos hídricos da Sub-bacia (julho a agosto de 2021)

Presença de vegetação nativa no entorno dos corpos hídricos da Sub-bacia



Organização: BRIZOTTI, C.S. 2021
Sistema de Coordenadas Geográficas: SIRGAS 2000
Sistema: Google Earth Engine - CODE | Imagem Landsat 8 | Coleção de Imagens "LANDSAT/LC08/C01/T1_RT"
Bibliografia Cartográfica: DNITGeo - INDE Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais | VGeo

Ao observar os resultados obtidos pelo processamento do mapa de uso, concluímos que muitos são os trechos dos corpos hídricos da sub-bacia do Baixo Itapetininga que se encontram vulneráveis sem sua devida cobertura vegetal na área em que legalmente deveriam encontrar-se suas APP's, sendo estas preenchidas por áreas antropizadas com predominância agropecuária.

Apontamos ainda que o uso de técnicas e métodos do geoprocessamento foram adequadas para o mapeamento do seu uso e ocupação e tem se tornado cada dia mais eficazes na análise de alterações na biostasia natural do meio, concordando ainda com PIROLI (2013) principalmente quando na escolha da bacia hidrográfica como unidade de trabalho para análise de recursos naturais, uma vez que esta é definida pelos elementos da natureza e de seus processos físicos e químicos, e uma vez esta sendo gerida pela própria natureza, torna-se mais fácil a análise de quaisquer influências externas e seus impactos diretos no meio ambiente através da ação antrópica.

Quanto aos resultados obtidos através da técnica de classificação supervisionada por Random Forest, os mapas foram bem precisos em suas classes geradas para os usos, considerando que a acurácia da classificação obtida através do coeficiente Kappa foi de 0.997 para a acurácia total e de 0.731 para a acurácia total esperada considerando a matriz de confusão.

5.2 Uso da terra nas Áreas de Preservação Permanente

Como podemos observar a supressão da vegetação para ocupação urbana e agropecuária, suprime grande parte da vegetação natural necessária e determinada por lei; e ao elaborar o cálculo de área das APP obtém-se o resultado de 59,1% das áreas de APP - corpo hídrico em adequação a legislação, e apenas 46,36% das áreas de APP - nascente adequadas, onde somando as áreas totais de APP, teremos um percentual de 41,5% de áreas inadequadas entre corpos hídricos e nascentes.

Faz-se ainda necessário ressaltar que a preservação das áreas de proteção permite que esta cumpram seu papel ambiental de maneira concisa, não apenas auxiliando com a infiltração e o escoamento superficial, mas também na regulamentação da vazão do rios, conservação do solos, barreiras contra deslizamentos de terra, retenção de sedimentos e a proteção da biodiversidade

Figura 13: Mapa de adequação do uso e ocupação da terra nas Áreas de Preservação Permanente da Sub-bacia do Baixo Itapetininga

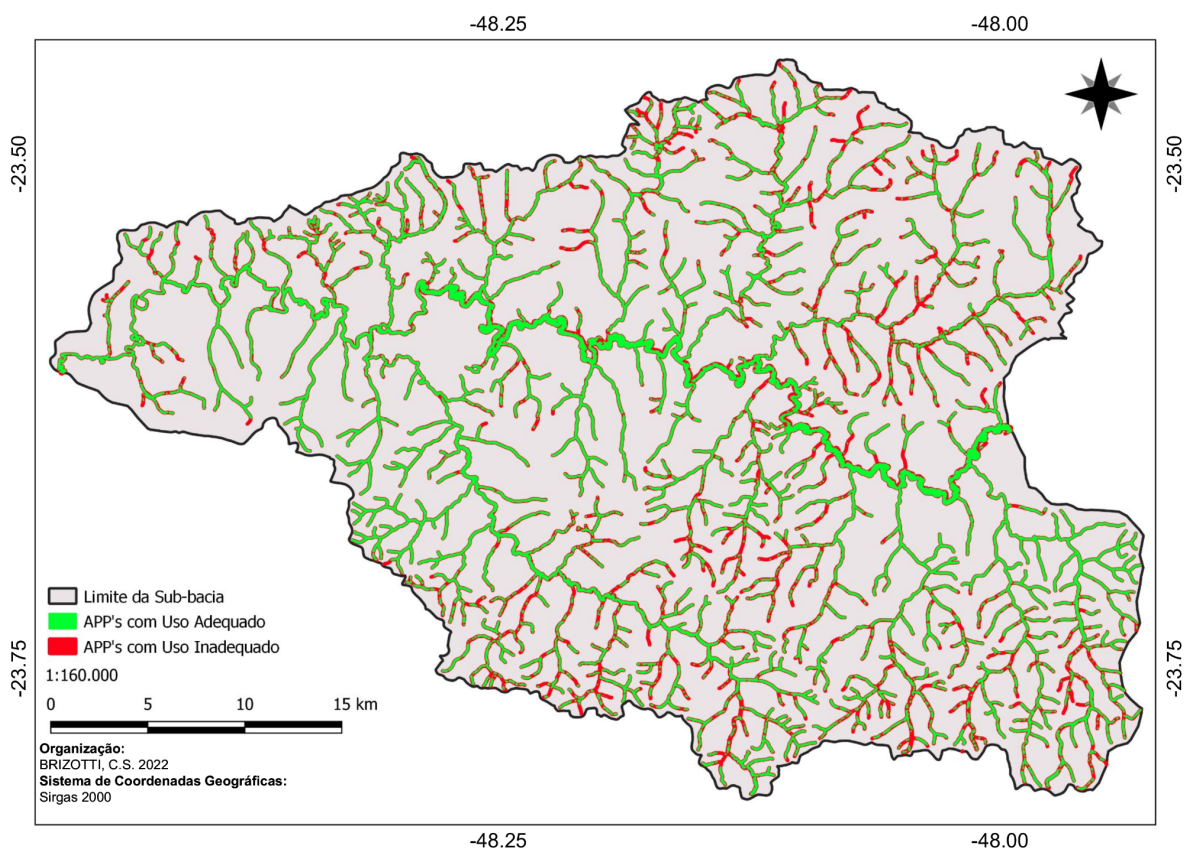


Tabela 4: Área das APP - Corpo hídrico

Área Total de APP por Legislação - Corpo Hídrico	10410,03 ha
Área de APP Adequada - Corpo Hídrico	6154,41 ha
Área de APP Inadequada - Corpo Hídrico	4255,62 ha

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 5: Área das APP - Nascente

Área Total de APP por Legislação - Nascente	500,30 ha
Área de APP Adequada - Nascente	231,99 ha
Área de APP Inadequada - Nascente	268, 31 ha

Fonte: Elaborado pelo autor.

5.3 Escoamento Superficial

O escoamento superficial em uma bacia hidrográfica é influenciado por diversos fatores, sejam eles climáticos, relacionados ao relevo, ao solo e à cobertura da terra., podendo ser eles;

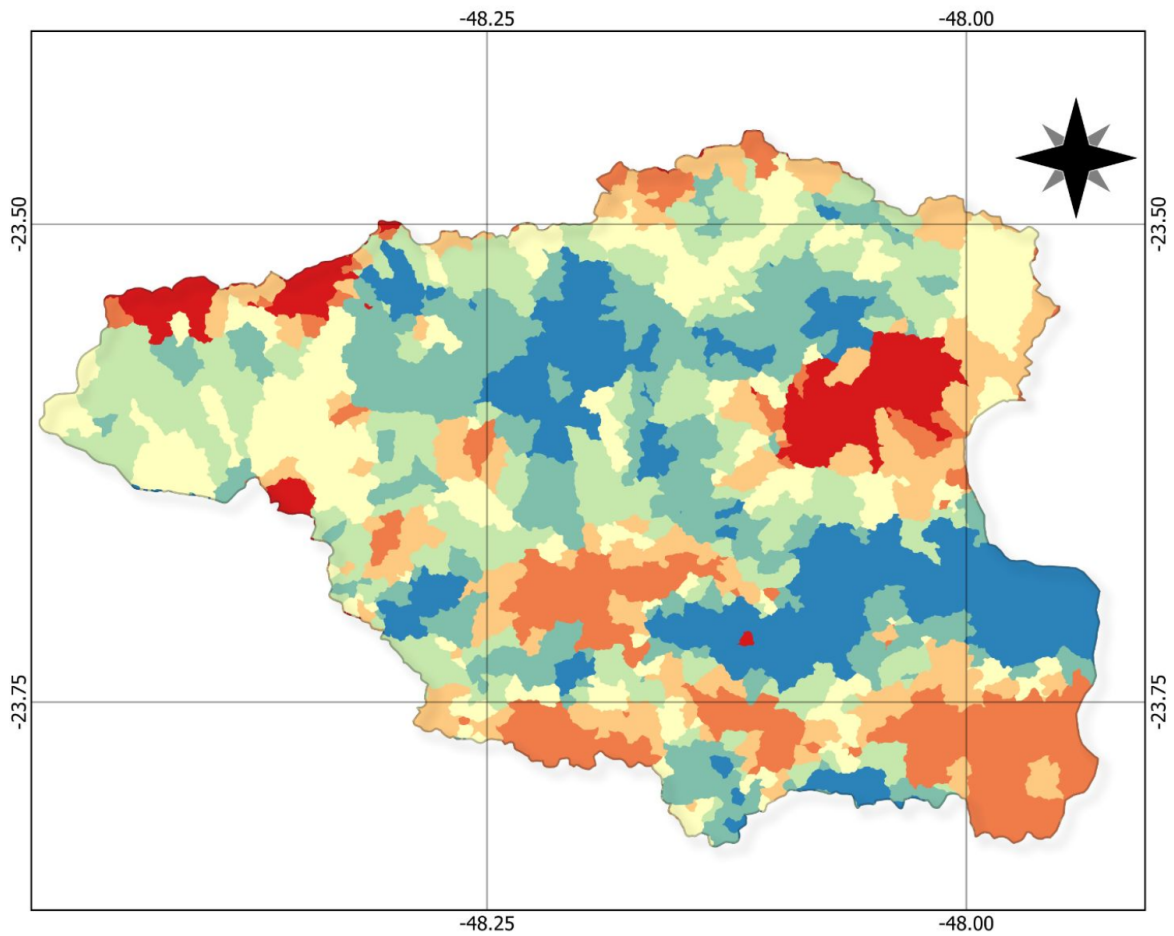
“quantidade, intensidade, duração e distribuição da precipitação, além das condições antecedentes da umidade do solo, interceptação pela cobertura vegetal e demanda atmosférica. [...] a extensão, a forma, as condições da superfície do solo e a declividade da bacia.” (IRYDA, 1986 apud SOUZA et. al. 1995).

Muitos são os métodos que podem ser utilizados para estudar o escoamento superficial, contando com diversas categorias de análise; a metodologia aqui utilizada, denominada SCS, ou método do Serviço de Conservação de Solos dos Estados Unidos, permite conhecer o volume total escoado superficialmente, isso porque, a mesma incorpora o efeito relativo das características de infiltração de água no solo, uso da terra e práticas agrícolas. (SOUZA et al. 1995)

Com base no mapeamento de Escoamento Superficial (abaixo) podemos observar ainda que as áreas com mais altos índices de escoamento superficial, com valores entre 93,9 e 140,8, são áreas que conflitam com os dados de uso e cobertura do solo e pedologia disponibilizados pelo IBGE, convergindo nas mesmas zonas de área urbana e de agricultura aplicada em neossolos litólicos distróficos, fatores que quando associados aumentam a fragilidade da área e dificultam a infiltração da água, resultando em possíveis enchentes, inundações, destruição, erosão, sulcos, deslizamentos de terra, entre outros fatores geram prejuízos econômicos e colocam em risco a vida de toda a população da bacia.

Enquanto, por outro lado, os valores entre 0 e 27,9 mm/mês, os quais são consideravelmente mais baixos, estão em áreas caracterizadas como áreas de florestamento/reflorestamento, onde a vegetação presente intercepta e possibilita a infiltração da água das chuvas.

Figura 14: Mapa de Escoamento Superficial da Sub-bacia do Baixo Itapetininga



□ Limite da Sub-bacia

Escoamento Superficial (Q)
(mm/mês)

- 0 - 27,9
- 27,9 - 48,3
- 48,3 - 60,3
- 60,3 - 68,4
- 68,4 - 85
- 85 - 93,9
- 93,9 - 140,8

1:235.000

0 5 10 15 km

Organização:

BRIZOTTI, C.S. 2022

Sistema de Coordenadas Geográficas:

Sirgas 2000

Bibliografia Cartográfica:

INMET - Banco de Dados Meteorológicos - Estação A715

ANA - Catálogo de Metadados - Curve Number da Base
Hidrográfica Ottocodificada

Ao analisar os dados obtidos através dos mapeamentos e de sua análise conjunta, podemos observar a importância de um gerenciamento eficaz de bacias, que contemple todo o conhecimento concernente a ela, onde SANTANA (2003), afirma necessitar de uma rede multi-institucional que permita o monitoramento ambiental, buscando integrar as intervenções antrópicas às características que estabelecem o equilíbrio biofísico.

PIROLI (2016) ainda afirma a importância de sempre estabelecer programas de ações que devem ser divididos, de acordo com as responsabilidades exigidas, entre o chamado nível governamental e o nível social, onde o primeiro refere-se às políticas de gestão necessárias e o segundo a atividades de conscientização e sensibilização da população.

O fato é que a interferência antrópica em bacias hidrográficas, sejam elas rurais ou urbanas, provocam alterações significativas na dinâmica das águas;

“As atividades humanas em bacias hidrográficas (rurais ou urbanas) provocam, em longo prazo, alterações expressivas na dinâmica da água, podendo reduzir a disponibilidade dos mananciais pelo assoreamento, que ocasiona a diminuição da seção natural da calha transportadora. Esse processo, que ocorre naturalmente, pode ser potencializado pela combinação de chuvas de elevadas intensidades e manejo inadequado dos solos, facilitando a ação erosiva. Uma série de outros problemas advindos dessa cadeia de atividades mal planejadas pode levar ao declínio total de água em algumas sub-bacias.” (MELLO, 2003 apud. APARECIDO, 2016)

De modo que a única solução, se faz evidente, e parte dela a conscientização para a aplicação das propostas de manejo já existentes e prontas para utilização , que intentam, unicamente, preservar o meio, e cultivá-lo em biostasia, para que se possa existir, usar e ocupar, sem impactar ou degradar a natureza, em processos de preservação e recuperação de áreas de APP, para que se possa devolver o equilíbrio a vida.

6 Considerações Finais

Deste modo, podemos observar a importância da utilização de ferramentas de geoprocessamento para análise dos impactos socioambientais decorrentes do significativo desenvolvimento humano nas últimas décadas, ressaltando ainda que a dinâmicas de alteração da paisagem são constantes e por isso se faz necessário o monitoramento contínuo para o acompanhamento dessas mudanças.

Podemos observar, através dos dados obtidos que boa parte das APP já foram degradadas, não estando em adequação com a legislação vigente, e sua recuperação torna-se dificultosa, por estar concentrada em áreas de centros urbanos e convergências agropecuárias; onde para sua proteção seria necessário um planejamento adequado.

A área estudada, apresentou áreas de proteção permanente parcialmente preservadas, onde sua degradação claramente se concentra em áreas urbanas e agropecuárias, locais onde a infiltração das chuvas acaba sendo impedida pelo seu justificado uso, aumentando os índices de escoamento superficial, e os riscos de desastres nas dadas regiões. De modo que as áreas mais vulneráveis necessitam de melhores monitoramentos e gestão.

Uma gestão adequada deve considerar toda a bacia hidrográfica, dando atenção a cada um dos corpos hídricos nela presente, com os devidos enfoques em suas nascentes; gerindo ainda a manutenção da floresta nativa e considerando áreas agrícolas, urbanas e industriais; gestão essa que VALCARCEL assegura que deve ser aplicada em um total de 8 etapas que contenham “como base uma série de informações: pesquisas, levantamentos, modelagem de técnicas e socioeconômicas, coletadas ao longo de uma longa série histórica” de modo a respeitar todos os componentes naturais existentes e considerar todos os agravantes de ação antrópica presentes no meio.

Concluimos, por fim, que o mapeamento das áreas de APP associados às características físico-espaciais presentes nos mapeamentos de caracterização da área de estudo, tornam evidente a necessidade de análise de todo o caminho pelo qual se estende a rede de drenagem, considerando todos os possíveis impactos ambientais para que possam haver, replanejamentos, recuperações e preservações, como se é devido, não apenas pelo dado cumprimento da lei, mas também, porque

o ser humano é parte integrante da natureza e necessita de condições equilibradas para poder existir em harmonia.

7 Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). Plano Integrado de Recursos Hídricos da Unidade de Gestão de Recursos Hídricos Paranapanema. 2016.

ALMEIDA, Cláudia Maria de. O diálogo entre as dimensões real e virtual do urbano. In: ALMEIDA, C.M. CÂMARA, G. & MONTEIRA, A.M. Geoinformação em urbanismo: cidade real x cidade virtual. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

APARECIDO, Camila Fernandes Ferreira et al. Manejo de bacias hidrográficas e sua influência sobre os recursos hídricos. **Irriga**, v. 21, n. 2, p. 239-239, 2016.

BRASIL. **LEI Nº 12.651, DE 25 DE MAIO DE 2012**. Presidência da República; Casa Civil - Subchefia para Assuntos Jurídicos. Brasília, DF.

COMITÊ, DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO PARANAPANEMA - CBH-ALPA. **Plano da Bacia Hidrográfica do Alto Paranapanema (UGRHI 14) – 2016-2027. Relatório II – Plano de Bacia**. 2018.

COMITÊ, DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO PARANAPANEMA - CBH-ALPA. **Relatório de situação dos recursos hídricos das bacias hidrográficas do Estado de São Paulo**. Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos - Alto Paranapanema–UGRHI 14, 2019 - ano base 2018.

CONAMA, Conselho Nacional do Meio Ambiente. RESOLUÇÃO No 357, DE 17 DE MARÇO DE 2005 Publicada no DOU nº 053, de 18/03/2005, págs. 58-63.

COUTINHO, Luciano Melo et al. Usos da terra e Áreas de Preservação Permanente (APP) na bacia do rio da Prata, Castelo-ES. **Floresta e Ambiente**, v. 20, n. 4, p. 425-434, 2013.

DE ARAÚJO, Lincoln Eloi et al. Bacias hidrográficas e impactos ambientais. **Qualit@ s Revista Eletrônica**, v. 8, n. 1, 2009.

DOS SANTOS CARVALHO, Wesley; MAGALHÃES FILHO, Fernando Jorge Corrêa; DOS SANTOS, Thayene Lima. Uso e cobertura do solo utilizando a Plataforma Google Earth

Engine (GEE): Estudo de caso em uma Unidade de Conservação. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 2, p. 15280-15300, 2021.

Earth Engine Code Editor. Disponível em: <<https://code.earthengine.google.com/>>.

EMBRAPA Monitoramento por Satélite - Brasil em Relevo -. (2005-2006) Disponível em: <<https://www.cnpm.embrapa.br/projetos/relevobr/index.htm>>.

GORELICK, Noel et al. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. **Remote sensing of Environment**, v. 202, p. 18-27, 2017.

IBGE. Sidra: sistema IBGE de recuperação automática. Rio de Janeiro, 2010.

INMET :: BDMEP. Disponível em: <<https://bdmep.inmet.gov.br/#>>.

LIMA, Walter de Paula. Hidrologia florestal aplicada ao manejo de bacias hidrográficas. 2008.

MOREIRA, Adelson de Azevedo. Mapeamento de áreas de preservação permanente e dos conflitos de uso da terra em propriedades rurais. 2009.

NASCIMENTO, Melchior Carlos do et al. Uso do geoprocessamento na identificação de conflito de uso da terra em áreas de preservação permanente na bacia hidrográfica do Rio Alegre, Espírito Santo. **Ciência Florestal**, v. 15, n. 2, p. 207-221, 2005.

OLIVEIRA, Raquel Maria de. Relação entre distribuição de espécies arbóreas em matas úmidas e os fatores ambientais da costa atlântica brasileira. 2003.

OLIVEIRA, Vitor José Santos de. Desenvolvimento das cidades do interior de São Paulo: para quem?. 2020.

PIROLI, Edson Luís. **Água: por uma nova relação**. Paco Editorial, 2016.

PIROLI, E.L. Geoprocessamento aplicado ao estudo do uso da terra das áreas de preservação permanente dos corpos d'água da bacia hidrográfica do rio Pardo. Tese (Livre Docência em Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento) - Universidade Estadual Paulista, Ourinhos, 2013.

PIROLI, E. L. Introdução ao geoprocessamento. Ourinhos: Unesp/Campus Experimental de Ourinhos, 2010.

PORTO, Monica FA; PORTO, Rubem La Laina. Gestão de bacias hidrográficas. **Estudos avançados**, v. 22, n. 63, p. 43-60, 2008.

ROSS, Jurandy Luciano Sanches; MOROZ, Isabel Cristina. Mapa geomorfológico do estado de São Paulo. **Revista de Departamento de Geografia**, São Paulo, n. 10, p. 41-58, 1996.

SANTANA, Derli Prudente. **Manejo integrado de Bacias Higrográficas**. Embrapa Milho e Sorgo, 2003.

SIQUEIRA RIBEIRO, Richard Vinícius. Dinâmica geomorfológica, condicionantes morfoestruturais e terraços fluviais na bacia hidrográfica do rio Itapetininga-SP. 2021.

SOUZA, J. L.; LOMBARDI NETO, F.; TUBELIS, Antônio. Estimativa e análise do escoamento superficial em solo descoberto e cultivado com a sucessão soja e trigo, sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 3, p. 77-84, 1995.

TOPODATA - Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil. 2008. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/topodata/index.php>>.

TUCCI, Carlos EM. **Gestão de águas pluviais urbanas**. Programa de Modernização do Setor Saneamento, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, Ministério das Cidades, 2005.

VALCARCEL, RICARDO. Proposta de ação para o manejo de bacia hidrográfica do Rio Paraíba do Sul. **Floresta e Ambiente**, v. 2, n. 2, p. 129-131, 1995.

YASSUDA, Eduardo Riomey. Gestão de recursos hídricos: fundamentos e aspectos institucionais. **Revista de Administração pública**, v. 27, n. 2, p. 5 a 18-5 a 18, 1993.

ZANATA, Juliana Marina; PIROLI, Edson Luís. Uso da terra nas áreas de preservação permanente do baixo pardo: contribuição das geotecnologias para o manejo dos recursos naturais. **REVISTA GEONORTE**, v. 3, n. 5, p. 1766–1776-1766–1776, 2012.