

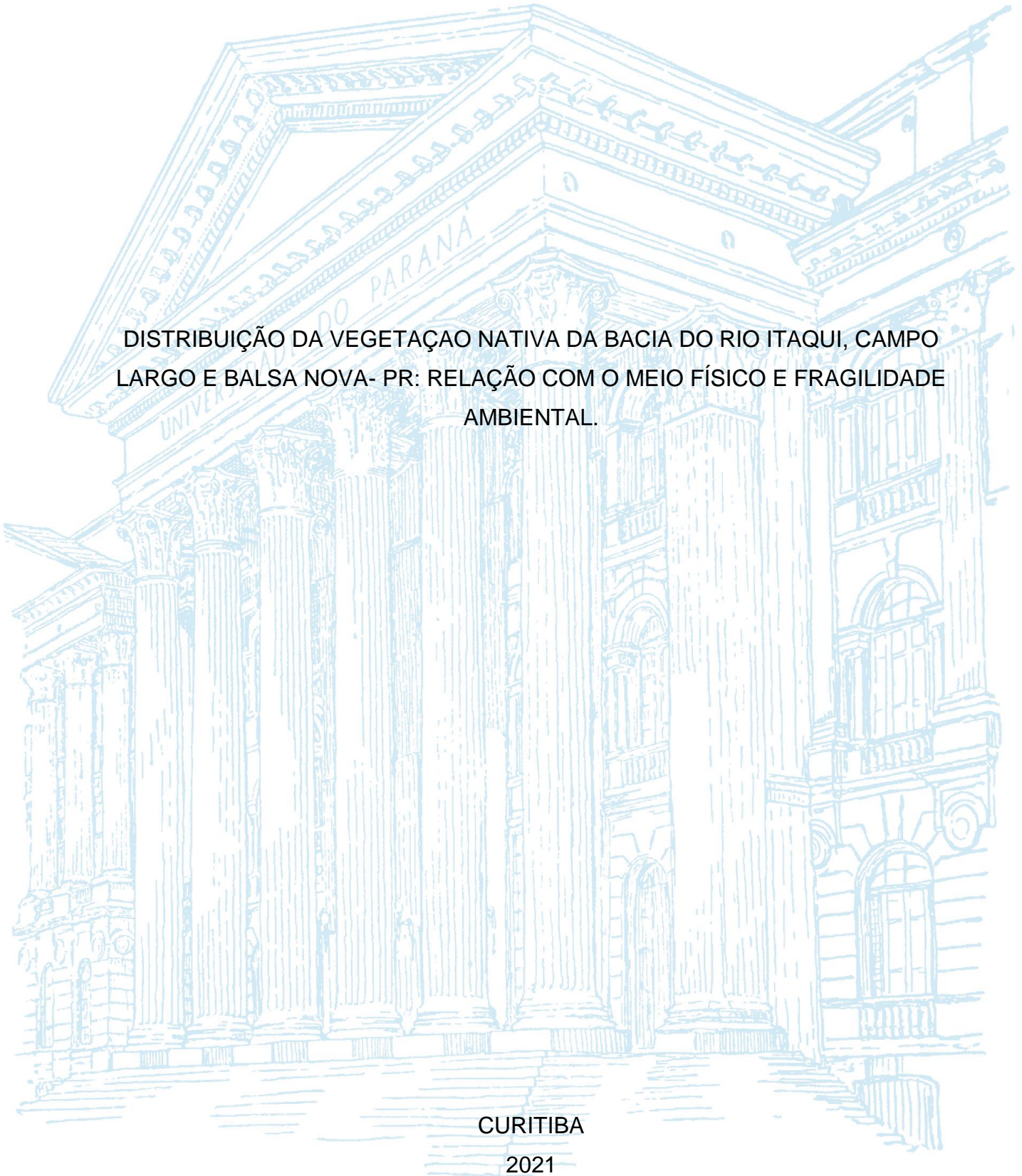
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

JÉSSICA ADRIELLE COLETE

DISTRIBUIÇÃO DA VEGETAÇÃO NATIVA DA BACIA DO RIO ITAQUI, CAMPO  
LARGO E Balsa Nova- PR: RELAÇÃO COM O MEIO FÍSICO E FRAGILIDADE  
AMBIENTAL.

CURITIBA

2021



JÉSSICA ADRIELLE COLETE

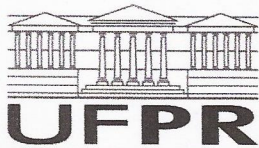
DISTRIBUIÇÃO DA VEGETAÇÃO NATIVA DA BACIA DO RIO ITAQUI, CAMPO  
LARGO E Balsa Nova- PR: RELAÇÃO COM O MEIO FÍSICO E FRAGILIDADE  
AMBIENTAL.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Graduação em Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Nelson Luiz Cosmo

CURITIBA

2021



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL

## PARECER

Defesa nº 273

A Banca Examinadora, instituída pelo Colegiado do Curso de Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná, após arguir **JÉSSICA ADRIELLE COLETE** em relação ao seu Trabalho de Conclusão de Curso intitulado **DISTRIBUIÇÃO DA VEGETAÇÃO NATIVA DA BACIA DO RIO ITAQUI, CAMPO LARGO - PR: RELAÇÃO COM O MEIO FÍSICO E FRAGILIDADE AMBIENTAL**, é de parecer favorável à **APROVAÇÃO** na Disciplina ENGF010 - Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Florestal, condicionada a entrega da versão final corrigida.

Profa. Dra. Luciana Leal  
1º. Avaliadora

Prof. Dr. Alessandro Camargo Ângelo  
2º. Avaliador

Prof. Dr. Nelson Luiz Cosmo  
Orientador - Presidente da Banca

Curitiba, 16 de dezembro de 2021.

Prof. Dr. Allan Libanio Pelissari  
Vice-Coordenador do Curso de Engenharia Florestal em exercício

Aos meus familiares, com carinho.

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus familiares que eu amo infinitamente, em especial minhas avós Donizene e Verônica e meu avô Sebastião, minha mãe Paula e minha irmã Luiza, pela paciência, confiança, incentivo e por tudo que fizeram por mim até hoje.

Ao meu namorado, meu maior parceiro e companheiro de vida Felipe, por todo amor e esforço em me ajudar em tudo que eu preciso, me apoiando sempre na realização os meus objetivos. Obrigada por deixar a vida mais leve!

Ao meu orientador Prof. Dr. Nelson Luiz Cosmo, que já vem me orientando desde à época do estágio, agradeço a excelente orientação recebida. Sou extremamente grata pela confiança, amizade, paciência e pelo conhecimento que foi repassado durante todos estes anos. Tenho imensa admiração por você, só tenho a agradecer por tudo!

A todos os colegas que eu fiz durante os anos de graduação, obrigada pela amizade, cumplicidade e apoio durante os momentos bons e difíceis.

Ao Programa de Educação Tutorial, por todas as amizades, conhecimentos, experiências e viagens realizadas durante estes 5 anos.

Aos professores que aceitaram participar da minha banca do TCC.

A todos os professores do curso de Engenharia Florestal que me ensinaram muito durante esta jornada. Agradeço imensamente pela contribuição para a minha formação profissional.

Agradeço ao professor Christopher Thomas Blum pela orientação e contribuição neste trabalho.

A Universidade Federal do Paraná pela oportunidade de um ensino gratuito e de qualidade durante a graduação.

Ao Evandro Teleginski, Engenheiro Florestal do DER, pela contribuição dos dados espaciais.

Por fim, agradeço a todos que de alguma forma contribuíram para a realização desta pesquisa.

*“Educação não transforma o mundo.  
Educação muda as pessoas.  
Pessoas mudam o mundo”. (Paulo Freire)*

## RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo analisar a diversidade vegetacional da bacia hidrográfica do rio Itaqui, afluente do rio Iguaçu, e sua relação com os meios físico e biótico, utilizando bases de dados geográficos da região, obtidos em bases oficiais (IAT, IBGE, EMBRAPA, etc.) e literatura técnico-científica. A partir do cruzamento dos dados, foi realizado diagnóstico ambiental da bacia estudada, que abrange uma extensão territorial de 123 km<sup>2</sup>, localizada nos municípios de Balsa Nova e Campo Largo - PR, sendo o Rio Itaqui um afluente da margem direita do Rio Iguaçu, nos limites entre o primeiro e o segundo planaltos paranaenses. A cobertura vegetal é considerada essencial para a manutenção dos rios e melhora da qualidade da água, por isso é extremamente importante conhecer a distribuição fitogeográfica em uma bacia hidrográfica. A região de estudo está inserida no bioma Mata Atlântica, na fitogeografia Floresta Ombrófila Mista, especificamente nas formações Montana e Aluvial, em área de transição para a estepe gramíneo lenhosa, que predomina no segundo planalto paranaense, mas com manchas isoladas de campo nativo também nas porções da bacia estudada no primeiro planalto ("campos de Curitiba"). Em relação ao uso do solo da região, além dos remanescentes de vegetação nativa, ocorre predomínio de áreas de agricultura e áreas já urbanizadas e, em menor escala, áreas de pastagem, solo exposto e mineração. As informações geográficas compiladas foram processadas no software livre QGIS, versão 3.16.13, para que seja possível relacionar os dados de vegetação, relevo e solos, avaliando-se a diversidade vegetacional da área. Após o cruzamento dos dados, os resultados foram analisados para entender quais são os principais fatores que condicionam a ocorrência dos diferentes tipos de vegetação da bacia e elaborar um diagnóstico, que permita identificar áreas com maior fragilidade ambiental e áreas prioritárias para a conservação.

Palavras-chave: Bacia Hidrográfica do Rio Itaqui. *Geomorphons*. Fitogeografia. Fragilidade ambiental.

## ABSTRACT

The present work aims to analyze the vegetational diversity of the Itaquí River basin, a tributary of the Iguaçu River, and its relationship with the physical and biotic environments, using geographic databases of the region obtained from official sites (IAT, IBGE, EMBRAPA, etc.) and technical-scientific literature. From the crossing of data, an environmental diagnosis of the studied basin was made, which covers a land area of 123 km<sup>2</sup>, located in the municipalities of Balsa Nova and Campo Largo - PR, and the Itaquí River is a tributary of the right bank of the Iguaçu River, on the boundary between the first and second plateaus of Paraná. The vegetation cover is considered essential for river maintenance and improvement of water quality, so it is extremely important to know the phytogeographic distribution in a watershed. The study region is inserted in the Atlantic Forest biome, in the phytogeography Mixed Ombrophylous Forest, specifically in the Montane and Alluvial formations, in a transition area to the grassy steppe, which predominates in the second plateau of Paraná, but with isolated patches of native field also in the portions of the basin studied in the first plateau ("fields of Curitiba"). In relation to land use in the region, besides the remnants of native vegetation, there is a predominance of agricultural areas and already urbanized areas and, to a lesser extent, areas of pasture, exposed soil and mining. The compiled geographic information was processed in the free software QGIS, version 3.16.13, so that it is possible to relate the vegetation, relief, and soil data, evaluating the vegetational diversity of the area. After cross-referencing the data, the results were analyzed to understand which are the main factors that condition the occurrence of different types of vegetation in the basin and to prepare a diagnosis that allows the identification of areas with greater environmental fragility and priority areas for conservation.

Keywords: Itaquí River Basin. Geomorphons. Phytogeography. Environmental fragility.



## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – DISTRIBUIÇÃO DOS BIOMAS BRASILEIROS.....	21
FIGURA 2 – DISTRIBUIÇÃO DA VEGETAÇÃO DO BIOMA MATA ATLÂNTICA.....	23
FIGURA 3 – PERFIL ESQUEMÁTICO DA FLORESTA OMBRÓFILA MISTA .....	26
FIGURA 4 – APLICAÇÃO DO CONCEITO DE <i>LOCAL TERNARY PATTERNS</i> (LTP) PARA CLASSIFICAÇÃO DOS ELEMENTOS DE RELEVO .....	30
FIGURA 5 – LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	32
FIGURA 6 – LIMITE GEOGRÁFICO DO MUNICÍPIO DE CAMPO LARGO .....	33
FIGURA 7 – LIMITE GEOGRÁFICO DO MUNICÍPIO DE Balsa Nova .....	33
FIGURA 8 – CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA SEGUNDO KÖPPEN NA ÁREA DE ESTUDO .....	34
FIGURA 9 – UNIDADES FITOGEOGRÁFICAS NA ÁREA DE ESTUDO .....	34
FIGURA 10 – HIDROGRAFIA NA ÁREA DE ESTUDO .....	35
FIGURA 11 – GEOLOGIA NA ÁREA DE ESTUDO .....	36
FIGURA 12 – UNIDADES MORFOESCULTURAIS NA ÁREA DE ESTUDO.....	36
FIGURA 13 – SOLOS NA ÁREA DE ESTUDO .....	37
FIGURA 14 – APLICAÇÃO DO <i>GEOMORPHONS</i> PARA IDENTIFICAÇÃO DOS FUNDOS DE VALE.....	43
FIGURA 15 – APLICAÇÃO DO <i>GEOMORPHONS</i> PARA IDENTIFICAÇÃO DAS ÁREAS PLANAS.....	43
FIGURA 16 – DELIMITAÇÃO DAS ÁREAS DE PLANÍCIES ALUVIAIS, APÓS O CRUZAMENTO DOS DADOS, NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ITAQUI .....	44
FIGURA 17 – RECLASSIFICAÇÃO DA VEGETAÇÃO NATIVA .....	48
FIGURA 18 – ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA A CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE, SEGUNDO IAT (2016).....	49
FIGURA 19 – RELAÇÃO DA VEGETAÇÃO NATIVA COM OS SOLOS NA BACIA DO RIO ITAQUI .....	52

## LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 – USO E OCUPAÇÃO DO SOLO CONSIDERANDO O MAPA DE USO DO SOLO IAT (2020), NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ITAQUI, EM % .....	42
GRÁFICO 2 – VEGETAÇÃO NATIVA APÓS A RECLASSIFICAÇÃO, NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ITAQUI, EM %.....	46
GRÁFICO 3 – VEGETAÇÃO EM RELAÇÃO A ÁREA TOTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ITAQUI, EM %.....	47

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>16</b>
1.1 JUSTIFICATIVA .....	17
1.2 OBJETIVOS .....	18
1.2.1 Objetivo geral .....	18
1.2.2 Objetivos específicos.....	18
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>20</b>
2.1 VEGETAÇÃO .....	20
2.1.1 Mata Atlântica.....	21
2.1.1.1 Campos nativos.....	24
2.1.1.2 Floresta Ombrófila Mista.....	25
2.1.1.3 Formações Pioneiras com influência flúvio-lacustre .....	28
2.1.2 Relação da vegetação com as formas de relevo.....	28
2.1.2.1 Identificação automática de formas de relevo ( <i>Geomorphons</i> ) .....	29
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>32</b>
3.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	32
3.2 DELIMITAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DA VEGETAÇÃO NATIVA .....	37
3.2.1 Identificação automática de formas de relevo ( <i>Geomorphons</i> ) .....	38
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>41</b>
4.1 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO .....	41
4.2 IDENTIFICAÇÃO DAS FORMAS DE RELEVO.....	43
4.3 RECLASSIFICAÇÃO DA VEGETAÇÃO.....	45
4.4 ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA A CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE .....	48
4.5 DISTRIBUIÇÃO DA VEGETAÇÃO NATIVA E SUA RELAÇÃO COM SOLOS ...	50
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>53</b>
5.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....	53
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>54</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Um conceito-chave para se estudar a relação entre a água, a biodiversidade e as atividades humanas é o da bacia hidrográfica, que é o conjunto de terras drenadas por um rio principal, seus afluentes e subafluentes. Na Mata Atlântica estão localizadas sete das nove grandes bacias hidrográficas do Brasil, alimentadas pelos rios São Francisco, Paraíba do Sul, Doce, Ribeira de Iguape e Paraná. Na área de abrangência da mata atlântica, estima-se que as florestas asseguram a quantidade e qualidade da água potável que abastece mais de 110 milhões de brasileiros, em aproximadamente 3,4 mil municípios inseridos no bioma (IBF, s.d.).

Para KARMANN (2000), a bacia hidrográfica é uma área de captação de água de precipitação, delimitada por divisores topográficos, que irá para o exutório, que é o ponto de um curso d'água para onde irá confluir toda a água do escoamento superficial gerada no interior de uma bacia hidrográfica.

Segundo Guerra (1996, apud Westphalen e Santos, 2004), é possível prever a fragilidade de uma bacia hidrográfica, por meio da correlação de informações de relevo, geologia, uso e ocupação e vegetação, tornando-a assim uma variável importante para o planejamento urbano, visto que, desta forma, é possível reconhecer seus componentes, seus processos e suas interações.

A cobertura vegetal presente em uma bacia hidrográfica é de extrema importância, pois as bacias são bastante suscetíveis às alterações da vegetação, podendo interferir nas propriedades biológicas, químicas e físicas do solo, afetando a qualidade e quantidade de água dos rios, o que é de fundamental importância para a sustentabilidade e preservação do ambiente (SAGARA, 2001). No entanto, para atingir um nível desejável de preservação destes recursos, é necessário o desenvolvimento de estudos voltados a estas áreas (BALBINOT *et al.*, 2008).

Além da compartimentação ambiental a partir das microbacias, é muito importante identificar a heterogeneidade da vegetação a partir das variações do meio físico, sejam elas fisiográficas, geológicas, altitudinais, etc. (GALVÃO e AUGUSTIN, 2011).

A partir da relação entre vegetação e os vários compartimentos do meio físico, é possível identificar quais os fatores que condicionam a diversidade vegetal de uma bacia hidrográfica, para definir quais as áreas mais frágeis,

estabelecer zonas prioritárias para corredores ecológicos e preservar os serviços ecossistêmicos providos pela vegetação nativa.

Desta forma, no presente estudo será avaliada a diversidade vegetacional na Bacia Hidrográfica do Rio Itaquí, a partir da heterogeneidade ambiental (relevo, solos, etc.) e da distribuição atual da vegetação nativa. A partir disso, será possível fazer um diagnóstico ambiental, indicando as áreas prioritárias para a conservação, considerando vegetação nativa remanescente e as áreas com maior fragilidade ambiental.

O Rio Itaquí é um afluente da margem direita do Rio Iguaçu, possui uma Bacia Hidrográfica que abrange uma extensão territorial de 123 km<sup>2</sup> e está localizada em parte dos municípios de Balsa Nova e Campo Largo. Sua importância se deve a conservação da biodiversidade, o abastecimento público de água e a sua localização na paisagem que favorece o controle de inundações (SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO AMBIENTAL, 2002).

## 1.1 JUSTIFICATIVA

Dados divulgados no Atlas da Mata Atlântica, que foi elaborado pela SOS Mata Atlântica em parceria com o INPE, em 2019, mostram que restam apenas 13,1% de vegetação nativa no Estado do Paraná. Com o aumento das áreas agrícolas, urbanizadas e industrializadas, pode-se afirmar que há necessidade de se preocupar com essa área de cobertura florestal restante, visto que há uma tendência cada vez maior da expansão para essas regiões e, conseqüentemente, ainda mais a diminuição destes fragmentos. Além disso, destaca-se a importância da vegetação em bacias hidrográficas, visto que a alteração do componente florestal nestas áreas pode afetar a quantidade e a qualidade das águas. Por isso é extremamente necessário estudar a atual disposição da vegetação em uma bacia hidrográfica, para que, através de medidas públicas, estas áreas, se mantenham conservadas, especialmente devido a importância social, econômica e ambiental.

Segundo SUDERHSA (2002), na Bacia Hidrográfica do Rio Itaquí, nas áreas urbanizadas, é frequente a ocorrência de enchentes. Entretanto, esta possui áreas com condições excepcionalmente favoráveis para controle das inundações, devido à grande parte de suas áreas de contribuição e mesmo grandes faixas junto ao leito

de seus rios não serem utilizadas para habitação ou outro uso antrópico, sendo um caso extremamente favorável à adoção de soluções para o controle de cheias.

SILVA *et al.* (2011) afirma que “em alguns locais na região metropolitana de Curitiba, onde o contexto hidrogeológico em ambiente cárstico é favorável, o abastecimento da água é feito por mananciais subterrâneos”. Na Bacia Hidrográfica do Rio Itaqui utiliza-se, além da captação de água dos rios, a água subterrânea do carste para complementar o abastecimento de água da região.

Também se destaca a região em que a bacia está inserida, abrangendo o primeiro e segundo planalto e parte da escarpa devoniana. A escarpa devoniana é uma formação geológica que está protegida pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) na categoria de Uso Sustentável na classificação Área de Proteção Ambiental (APA).

Por fim, se ressalta que poucos estudos foram desenvolvidos na bacia, sendo geralmente voltados para o regime pluvial e não sendo encontrados trabalhos específicos para a vegetação, por isso foi escolhida a temática do presente relatório.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo geral

O objetivo geral do presente estudo é analisar a distribuição da vegetação nativa da Bacia Hidrográfica do Rio Itaqui e sua relação com os meios físicos e bióticos, para permitir a identificação de áreas frágeis e áreas prioritárias para conservação, utilizando base de dados cartográficos da região, obtido em bases oficiais (IAT, IBGE, etc.) e literatura técnico-científica.

### 1.2.2 Objetivos específicos

a) Identificar a diversidade de vegetação nativa da bacia hidrográfica estudada, classificando a vegetação em diferentes formações, a partir do cruzamento dos dados de uso do solo com o meio físico.

b) Realizar a classificação dos elementos de relevo, por meio da aplicação da proposta dos *geomorphons*, para discriminar áreas de planícies aluviais e de encostas;

c) Realizar um diagnóstico da distribuição das diferentes formações de vegetação nativa, relacionando-as com o meio físico, utilizando ferramentas do Sistema de Informações Geográficas (SIG);

d) Identificar as áreas de maior fragilidade ambiental, considerando características do meio físico e a distribuição da vegetação nativa remanescente.

e) Indicar as áreas prioritárias para a conservação e para a formação de corredores ecológicos, para melhoria nas condições das tipologias vegetais encontradas na bacia hidrográfica.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 VEGETAÇÃO

O Brasil possui uma extensão territorial de 8,5 milhões de km<sup>2</sup> e devido ao seu tamanho são encontradas diversas zonas climáticas ao longo de suas regiões, como o clima semiárido no Nordeste e as áreas úmidas subtropicais no Sul (MMA, 2015). Tais variações climáticas resultam na ocorrência de 6 biomas distintos (MMA, 2015).

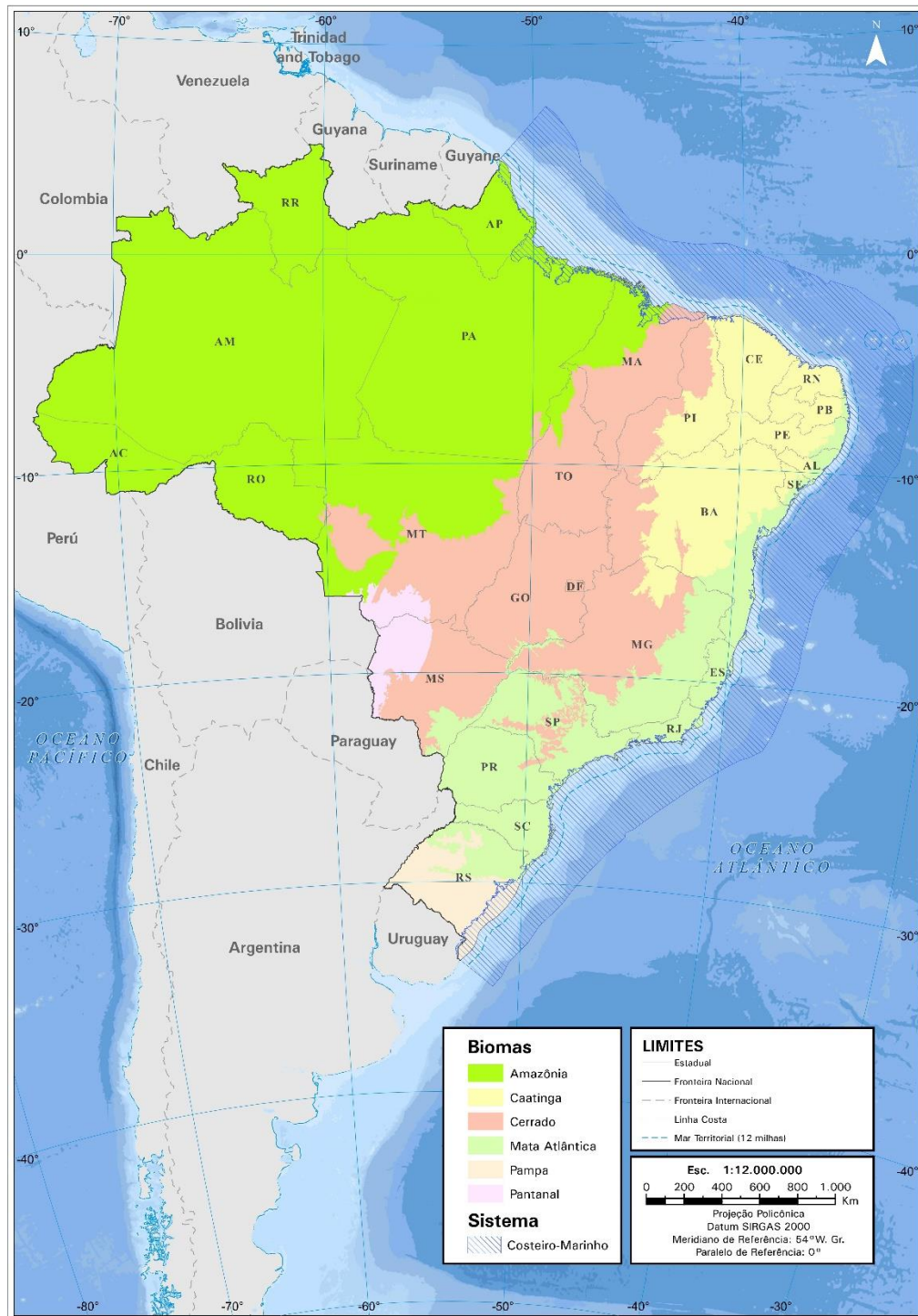
De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (s.d.) bioma pode ser definido como “um conjunto de vida vegetal e animal, constituído pelo agrupamento de tipos de vegetação contíguos e que podem ser identificados a nível regional, com condições de geologia e clima semelhantes e que, historicamente, sofreram os mesmos processos de formação da paisagem, resultando em uma diversidade de flora e fauna próprias”.

Trata-se de grandes espaços geográficos que compartilham das mesmas características físicas, biológicas e climáticas, abrigando um grande número de espécies de plantas e animais (AZEVEDO, s.d.), com fitofisionomias regionais típicas (florestas, estepes, savanas, etc.).

No Brasil ocorrem seis (06) biomas continentais: Amazônia, Cerrado, Caatinga, Mata Atlântica, Pantanal e Pampa (FIGURA 1).



FIGURA 1 – DISTRIBUIÇÃO DOS BIOMAS BRASILEIROS.



FONTE: IBGE (2019).

### 2.1.1 Mata Atlântica

O bioma Mata Atlântica que ocupava uma área originalmente de 1.110.182 km<sup>2</sup> e que atualmente restam apenas 12,5% da cobertura original (INSTITUTO

BRASILEIRO DE FLORESTAS, s.d.) abrange 17 estados brasileiros, Espírito Santo, Rio de Janeiro e Santa Catarina, e parte do território do estado de Alagoas, Bahia, Goiás, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Paraíba, Paraná, Pernambuco, Rio Grande do Norte, Rio Grande do Sul, São Paulo e Sergipe, e algumas regiões da Argentina e Paraguai (RIBEIRO *et al.*, 2009).

A Mata Atlântica é uma das regiões mais importantes do mundo para a conservação, devido a sua alta biodiversidade, sendo reconhecida no ano de 2000 como um dos 25 *hotspots* mundiais, pois além do grande número de espécies endêmicas, a maior parte de sua cobertura já desapareceu (S.O.S MATA ATLÂNTICA, 2017). Seu relevo é um grande fator responsável por sua imensa biodiversidade, com altitudes variando do nível do mar até mais de 2.700 metros de altitude. (MYERS *et al.*, 2000). Apesar do grau de degradação e desmatamento, a região da Mata Atlântica é uma das mais ricas em termos de concentração de espécies por metro quadrado (CUNHA e GUEDES, 2013).

Os remanescentes florestais deste bioma estão distribuídos em pequenos fragmentos isolados, sendo que aproximadamente 8% de sua área está bem preservada e contida em remanescentes maiores que 100 hectares (MMA, s.d.).

O desmatamento da Mata Atlântica está relacionado com a economia e a exploração de diversas mercadorias (METZGER, 2009), como extrativismo, à exploração da madeira, a pecuária, a agricultura e a urbanização (TABARELLI *et al.*, 2005).

Apesar de uma grande parte dos fragmentos florestais nativos não ser protegido legalmente, os governos federais, estaduais e recentemente dos governos municipais e de iniciativas privadas tem criado estratégias nos últimos anos para a proteção de coberturas florestais na Mata Atlântica (MMA, s.d.)

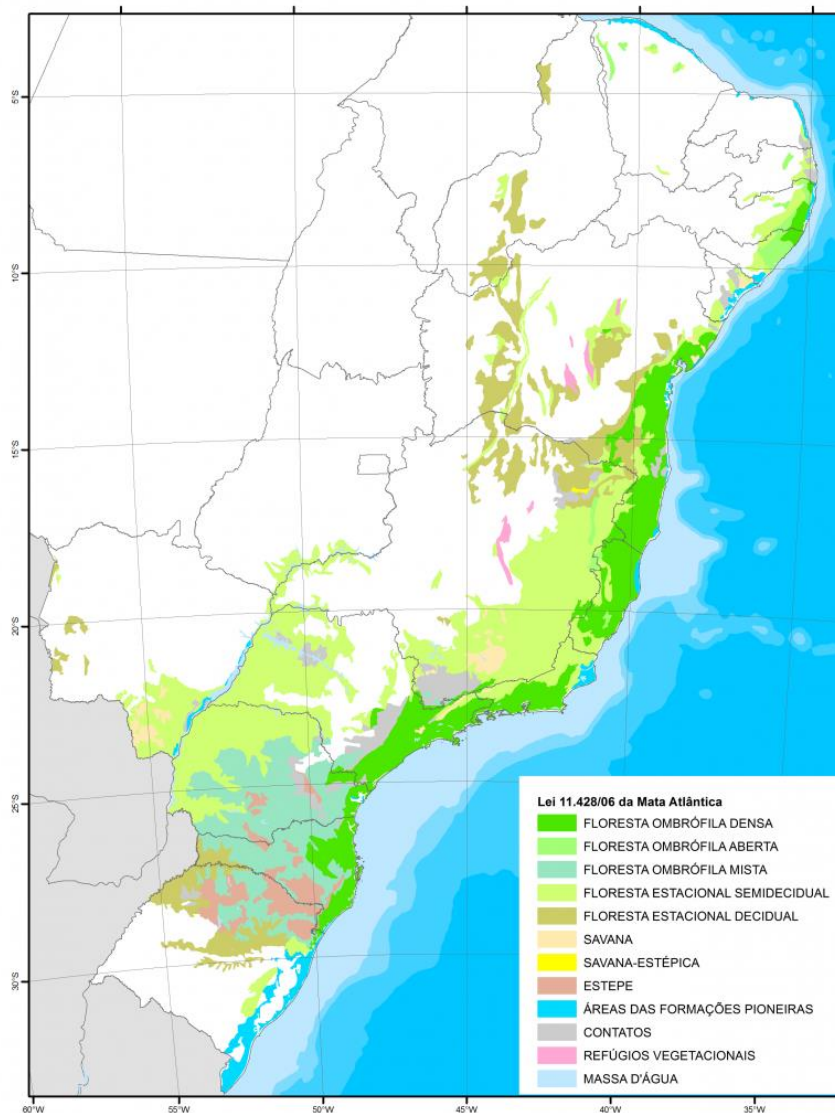
Segundo Cunha e Guedes (2013) “atualmente, as áreas protegidas na Mata Atlântica correspondem à cerca de 3,3 milhões de hectares, ou seja, apenas 2,5 % da Mata Atlântica está protegida por unidades de conservação de proteção ambiental”.

Desta forma, é necessário ações para a conservação e proteção deste bioma para a manutenção da biodiversidade. Neste sentido, destacam-se as áreas protegidas, como Unidades de Conservação (SNUC – Lei nº 9.985/2000) e Terras Indígenas (Estatuto do Índio – Lei nº 6001/1973), além de Áreas de Preservação Permanente e Reserva Legal (Código Florestal – Lei nº 12.651/2012). O bioma

também é protegido pela Lei nº 11.428/2006, conhecida como Lei da Mata Atlântica, regulamentada pelo Decreto nº 6.660/2008.

Os ecossistemas do bioma da Mata Atlântica foram definidos pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) em 1992 e incorporado ao Decreto nº 750 de 1993, atualmente é reconhecido pela Lei nº 11.428, sancionada em 22 de dezembro de 2006, e estão separados da seguinte forma: Floresta Ombrófila Densa; Floresta Ombrófila Aberta; Floresta Ombrófila Mista; Floresta Estacional Decidual; Floresta Estacional Semidecidual; Mangues; Campos de altitude; Brejos Interioranos; Enclave Florestal do Nordeste e Restingas (FIGURA 2).

FIGURA 2 – DISTRIBUIÇÃO DA VEGETAÇÃO DO BIOMA MATA ATLÂNTICA.



FONTE: FUNDAÇÃO S.O.S MATA ATLÂNTICA (s.d.).

### 2.1.1.1 Campos nativos

Segundo a classificação do IBGE (2012), as Estepes, chamadas genericamente de Campos Nativos, estão presentes nos biomas Pampa, ao sul e oeste do Rio Grande do Sul, e na Mata Atlântica, nas partes mais altas do planalto Sul-brasileiro, sendo que no Paraná possuem diversas nomenclaturas regionais, como: Campos de Curitiba, Campos Gerais, de Palmas e de Guarapuava (MAACK, 2002 *apud* SELUSNIAKI, 2013).

As Estepes são constituídas predominantemente por vegetação herbácea contínua, podendo ser intercalada por subarbustos isolados ou em grupos (IBGE, 2012), ou associado com capões de florestas montanas e florestas ripárias, sendo encontradas geralmente nas áreas mais elevadas dos três planaltos paranaenses (RODERJAN *et al.*, 2002), inseridas na unidade fitogeográfica denominada Estepe Gramíneo Lenhosa.

A Estepe no estado do Paraná é composta por cinco grandes áreas descontínuas, formando no primeiro planalto os campos de Curitiba e Castro, no segundo, os Campos Gerais, em maior extensão, e, no terceiro planalto, em altitudes de 900 a mais de 1.200 m estão os campos de Guarapuava e Palmas (SELUSNIAKI, 2013).

Nesta unidade, ocorrem diferentes formações campestres, dependendo, principalmente, da posição na paisagem e do tipo de solo, tais como os identificadas por Moro e Carmo (2007):

- Campos secos, encontrados em áreas bem drenadas, associados principalmente a Cambissolos, Argissolos, Neossolos Litólicos e Regolíticos de textura arenosa e média;
- Campos em afloramentos rochosos, associados a Neossolos Litólicos, com vegetação sobre uma tênue camada de solo;
- Campos úmidos, que ocupam pequenas extensões onde há acúmulo de água, por vezes próximo a córregos, outras em manchas onde o nível do lençol freático é superficial. Nessas condições, os campos ocorrem em Gleissolos e Organossolos, ambos solos hidromórficos, marcados pela presença de espécies poupadas do fogo devido à umidade constante do terreno.

Para Kozera *et al.* (2012) as Estepes são relacionadas a ambientes naturais com considerável fragilidade, sendo na década de 2000 os Campos Gerais

presentes no Estado do Paraná já representavam menos de 5% do total da área de ocorrência natural, tornando-o um dos ecossistemas mais ameaçados do Brasil, sendo que o restante das suas áreas preservadas se concentra na parte oriental da região e junto ao reverso da Escarpa Devoniana Silva (2002, *apud* Selusniaki, 2013).

#### 2.1.1.2 Floresta Ombrófila Mista

A Floresta Ombrófila Mista – FOM é uma formação do bioma Mata Atlântica que possuía originalmente uma área de aproximadamente 200.000 km<sup>2</sup> (MAACK, 1950), distribuída nos planaltos do Rio Grande do Sul (25%), Santa Catarina (31%) e Paraná (40%) e possui maciços descontínuos nas partes mais elevadas de São Paulo (3%), Rio de Janeiro e Sul de Minas Gerais (1%) (KLEIN, 1960).

Nesta formação encontra-se representantes das floras tropical (afro-brasileira) e temperada (austro-brasileira), possuindo elementos Coniferales e Laurales, em especial *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze (Araucariaceae) que domina esta unidade fitoecológica (LEITE, 1994). A FOM possui grande importância ecológico-econômica, visto que consegue abrigar o Pinheiro do Paraná, a conífera mais expressiva da vegetação brasileira (NARVAES *et al.*, 2005).

Esta vegetação ocorre predominantemente nas altitudes entre 800 e 1.200 m s.n.m., sendo encontrada eventualmente acima destes valores (RODERJAN *et al.*, 2002).

A FOM devido a sua extensa área territorial e ao seu grande valor econômico contribuiu significativamente na ocupação populacional da região sul (KLEIN, 1985).

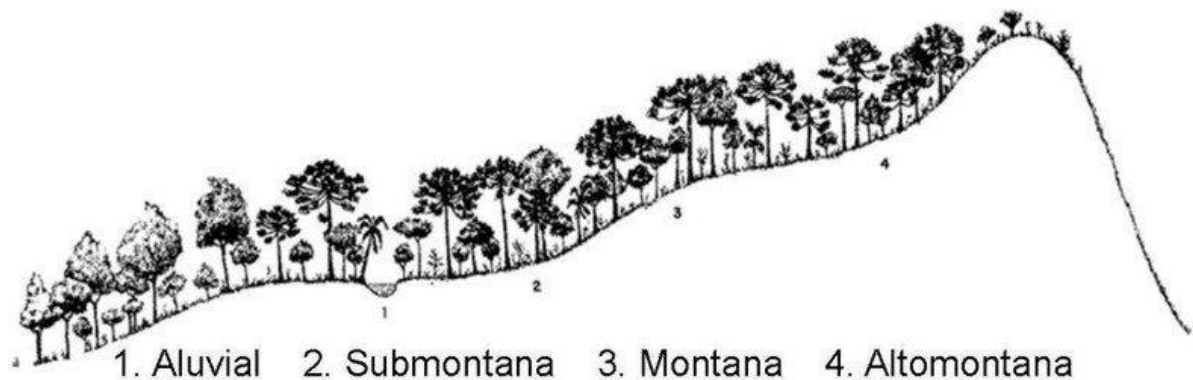
Segundo o Ministério do Meio Ambiente (2002) estima-se que os remanescentes de Floresta Ombrófila Mista, nos estágios primários ou mesmo avançados, não perfazem mais de 0,7% da área original, o que a coloca entre as tipologias mais ameaçadas do bioma Mata Atlântica. Já de acordo com Koch e Côrrea (2002) os registros mais otimistas estimam que exista entre 1 e 2% das áreas originais da FOM nos três Estados da região Sul.

Especificamente para o estado do Paraná os trabalhos feitos pelo PROBIO Araucária (FUPEF, 2001) mostram que do total da área da FOM em estágio avançado restam apenas 0,8% dos remanescentes florestal e eles encontram-se

dispersos em pequenos e médios fragmentos, não superiores a uma área de 5.000 ha.

Segundo VELOSO *et al.* (1991), “a composição florística deste tipo de vegetação, em face da altitude e latitude do planalto meridional, apresenta quatro formações distintas” (FIGURA 3):

FIGURA 3 – PERFIL ESQUEMÁTICO DA FLORESTA OMBRÓFILA MISTA



FONTE: VELOSO *et al.* (1991).

As formações da Floresta Ombrófila Mista são definidas a partir dos limites altimétricos (VANTROBA, 2019), sendo classificada de acordo com o IBGE (2012) da seguinte forma:

- Aluvial: compreende as planícies aluviais;
- Submontana: Ocorre de 50 até 400 metros de altitude;
- Montana: Ocorre de 400 a 1000 metros de altitude;
- Altomontana: Situa-se acima dos 1000 metros de altitude.

#### 2.1.1.2.1 Floresta Ombrófila Mista Aluvial

A definição de Floresta Ombrófila Mista Aluvial é uma denominação que foi proposta por VELOSO *et al.* (1991) e adotada pelo IBGE (1992), para indicar as áreas de ocorrência da Floresta Ombrófila Mista que ocupam os terrenos aluvionares, situados nas planícies fluviais das serras costeiras ou dos planaltos (PASDIORA, 2003).

Estas planícies são compostas por dois tipos de ambientes: os menos hidromórficos, onde o solo é mais bem estruturado e possui cobertura predominantemente florestal, e os ambientes encharcados, constituído por formações pioneiras (LEITE, 1994)

Roderjan *et al.* (2002) define as FOMAs como florestas ripárias, que crescem próximo às margens das drenagens que percorrem terrenos de geomorfia plana até suave-ondulada, sofrendo influência dos rios e geralmente fazendo limite com as áreas de várzeas.

Estas áreas possuem diferentes estágios, podendo ser comunidades simplificadas, caracterizada pelo grau de hidromorfia dos solos (Neossolos Flúvicos e Gleissolos), onde *Gymnanthes klotzschiana* Müll, Arg. (Euphorbiaceae) é a espécie mais característica, até associações mais complexas, em que *Araucaria angustifolia* tem participação expressiva na fisionomia (RODERJAN *et al.*, 2002).

Essa formação possui grande importância na estabilidade do regime hídrico das planícies sujeitas a inundações periódicas, sendo que a eliminação ou fragmentação destas áreas afeta a segurança e a qualidade de vida de comunidades humanas que estão ocupando irregularmente esses ambientes (SOCHER *et al.*, 2008).

#### 2.1.1.2.2 Floresta Ombrófila Mista Montana

A formação do tipo Montana é o principal tipo de vegetação encontrada na Floresta Ombrófila Mista (KERSTEN *et al.*, 2015).

A FOMM, localizada nos estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, ocorre em praticamente todo o planalto que está acima de 500 m de altitude nas áreas de encosta (IBGE, 2012).

Na década de 1950, entre as cidades de Lages (SC) e Rio Negro (PR), podia-se observar a *Araucaria angustifolia* com a submata de *Ocotea pulchella* e *Ilex paraguayenesis*, acompanhada de *Cryptocarya aschersoniana* e *Nectandra megapotamica* formando grandes remanescentes florestais. Já ao norte do Estado de Santa Catarina e ao sul do Paraná, o pinheiro estava associado principalmente a *Ocotea porosa* e no vale do rio Itajaí-Açu é associada a *Ocotea catharinense* (IBGE, 2012).

### 2.1.1.3 Formações Pioneiras com influência flúvio-lacustre

Segundo Manabe e Silva (2010), *apud* Accioly (2013), formações pioneiras são tipologias de vegetação em constante sucessão ecológica, pois ocupam ambientes instáveis, que não proporcionam condições edafoclimáticas para o estabelecimento de uma comunidade florestal.

Para RODERJAN (2002) as formações pioneiras são influenciadas pelas águas dos rios, do mar, ou pela ação combinada de ambas, formando assim grupos distintos de vegetação. São frequentemente encontradas em terrenos instáveis ao longo do litoral, nas planícies fluviais e ao redor das depressões aluviais (pântanos, lagunas e lagoas) (IBGE, 2012).

O IBGE (2012) divide em três tipos as formações pioneiras do Estado do Paraná, de acordo com os fatores abióticos aos quais estão condicionadas:

- Formação pioneira com influência marinha (restingas);
- Formação pioneira com influência fluviomarina;
- Formação pioneira com influência flúvio-lacustre.

As Formações Pioneiras com Influência Flúvio-Lacustre estão presentes em todas as regiões do estado do Paraná, constituídas predominantemente por comunidades herbáceas dos abaciados úmidos, popularmente conhecidas como várzeas, planícies de inundação, banhados ou brejos. Ocorrem sobre os organossolos e gleissolos, influenciados pelo regime hídrico dos rios, em condições de saturação hídrica periódica ou permanente (RODERJAN, 2002).

Segundo Kozera *et al.* (2012) essa vegetação está presente nas planícies aluviais e refletem os efeitos das cheias dos rios nas épocas de chuva, ou, então das depressões permanentemente alagadas, além de constituírem ambientes de alta fragilidade ambiental.

### 2.1.2 Relação da vegetação com as formas de relevo

A distribuição da cobertura vegetal está relacionada com os elementos naturais, sendo influenciada pelo clima, relevo, solos e pela geologia, que através das inter-relações, formam ambientes ecológicos bastante variados, gerando diferentes paisagens (SANTANA e SOUTO, 2006).



A ocorrência de um determinado tipo de vegetação em uma região será em função da insolação recebida, da disponibilizada hídrica, do solo, e de outros fatores do meio físico, sendo estas variáveis estabelecida conforme as configurações das formas e composição do relevo da área (GUADAGNIN e TRETIN, 2019).

Atualmente, uma das formas de classificação automática dos elementos de relevo, é a gerada a partir da metodologia dos *Geomorphons* elaborada por JASIEWICZ e STEPINSKI (2013). No Brasil já foram feitos trabalhos que utilizaram esta classificação, como: Robaina *et al.* (2016), Robaina *et al.* (2017), Silveira *et al.* (2018) e Guadagnin e Tretin (2019).

#### 2.1.2.1 Identificação automática de formas de relevo (*Geomorphons*)

A partir de dados de cota de terreno, contidos em um modelo digital de elevação (MDE), é possível identificar as diferentes formas de relevo de uma paisagem. JASIEWICZ e STEPINSKI (2013) propõem uma metodologia, denominada “geomorphons”, que permite identificar e classificar os elementos de relevo (plano, pico, crista, etc.), através de ferramentas de visão computacional, fazendo uma analogia entre a classificação textural de uma imagem, com base no arranjo espacial de tons de cinza, comparando-a com a distribuição especificada dos valores de elevação de um MDE de uma determinada região, com arranjo espacial de elevação (ROBAINA, 2016).

A ferramenta analisa a similaridade textural de um Modelo Digital de Elevação (MDE), considerando a variação de níveis de cinza (diferentes cotas) entre uma célula central e as células vizinhas, considerando que se a célula central for maior, assume o valor de “+”, se é menor “-” e se for igual seu valor é zero “0” JASIEWICZ e STEPINSKI (2013).

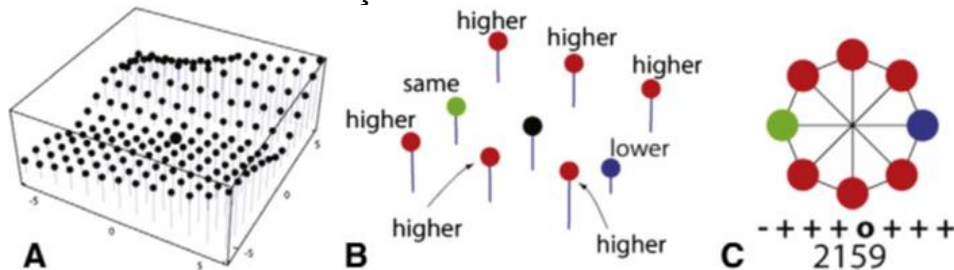
Através do conceito “*Local Ternary Patterns*” (LTP) é possível identificar os elementos do relevo, que são denominados *geomorphons* por analogia aos *textons*, que são microestruturas fundamentais em uma imagem e, assim, constituem os elementos básicos de percepção visual (JULESZ, 1981). Sendo assim, os *geomorphons* são microestruturas fundamentais do relevo (ROBAINA, 2016).

Dessa forma, podem ser elaborados ‘mapas geomorfométricos’ a partir de algoritmos, permitindo, através de técnicas computacionais, classificar e mapear

elementos das formas de relevo. Cada um desses elementos pode ser expresso por um número de diferentes *geomorphons* (ROBAINA, 2016).

Na FIGURA 4 é apresentado o esquema utilizado para a identificação dos *geomorphons*, através do processamento do MDE (FIGURA 4-A), da análise da semelhança entre a célula central e as suas vizinhas, detectando se possui valor maior, menor ou igual (FIGURA 4-B) e representação dos valores de leitura da vizinhança (positivos, negativos e zero) que resulta em um *geomorphon* (FIGURA 4-C).

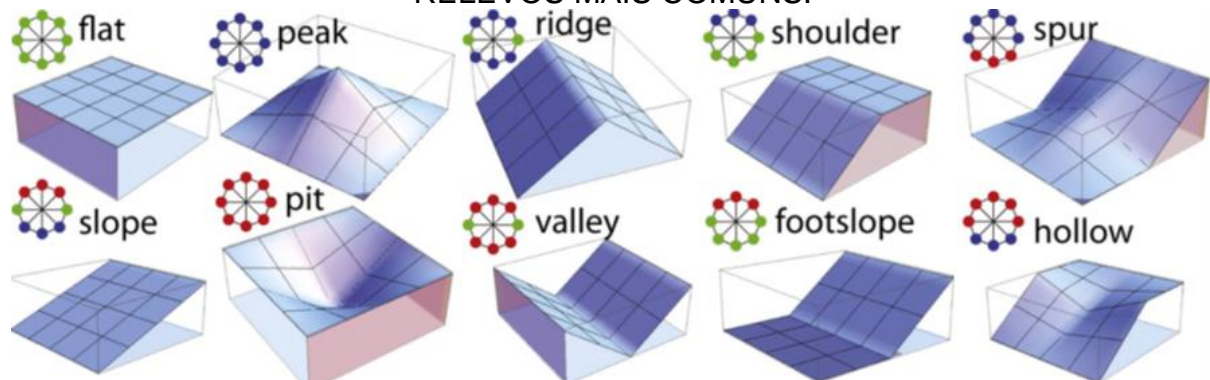
FIGURA 4 – APLICAÇÃO DO CONCEITO DE *LOCAL TERNARY PATTERNS* (LTP) PARA CLASSIFICAÇÃO DOS ELEMENTOS DE RELEVO



FONTE: Adaptado de Jasiewicz e Stepinski (2013).

É possível obter até 498 *geomorphons* através das combinações dos padrões ternários locais, entretanto os autores classificaram apenas os 10 mais comuns, apresentados na FIGURA 5.

FIGURA 5 – MORFOLOGIAS 3D E SEUS *GEOMORPHONS* CORRESPONDENTES (PADRÕES TERNÁRIOS) PARA OS 10 ELEMENTOS DE RELEVOS MAIS COMUNS.



FONTE: Jasiewicz e Stepinski (2013).

Segundo os autores da metodologia, a diferença de altura não é suficiente para caracterizar a superfície do relevo, sendo necessário adicionar as variáveis distância e o ângulo de direção dos pontos vizinhos em relação à célula central

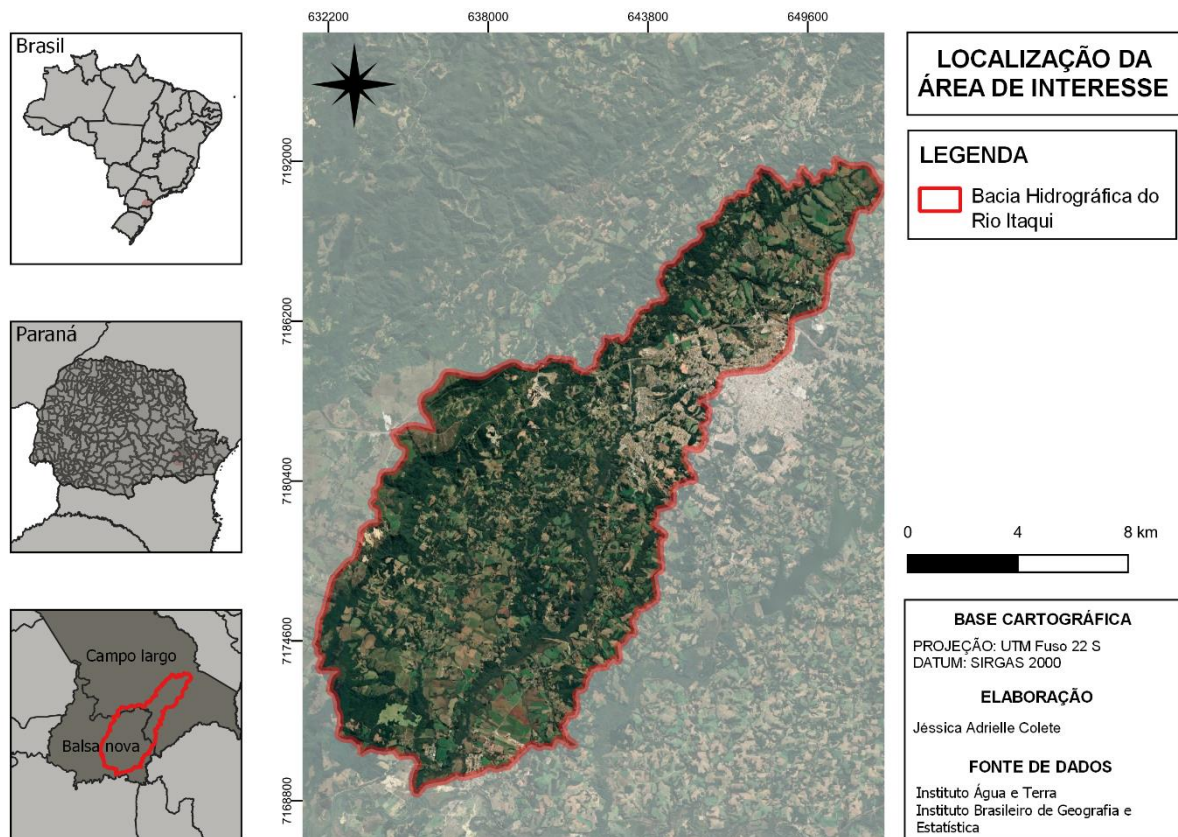
(ângulos Zenith e nadir). Para esse cálculo, perfis são traçados para as principais direções a partir da célula central “*Lookup distance*” (L), extraídos do DEM.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A Bacia Hidrográfica do Rio Itaqui, afluente da margem direita do Rio Iguaçu, possui uma área de aproximadamente 123 km<sup>2</sup> e está localizada entre os municípios de Campo Largo e Balsa Nova – Paraná, região metropolitana de Curitiba, capital do Estado (FIGURA 5). As coordenadas centrais em UTM da área de estudo são 640669 Leste e 7180367 Norte. A bacia está inserida, em sua maior parte, no primeiro planalto paranaense, porém em área de transição com o segundo planalto, onde se localiza parte de sua borda oeste.

FIGURA 5 – LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

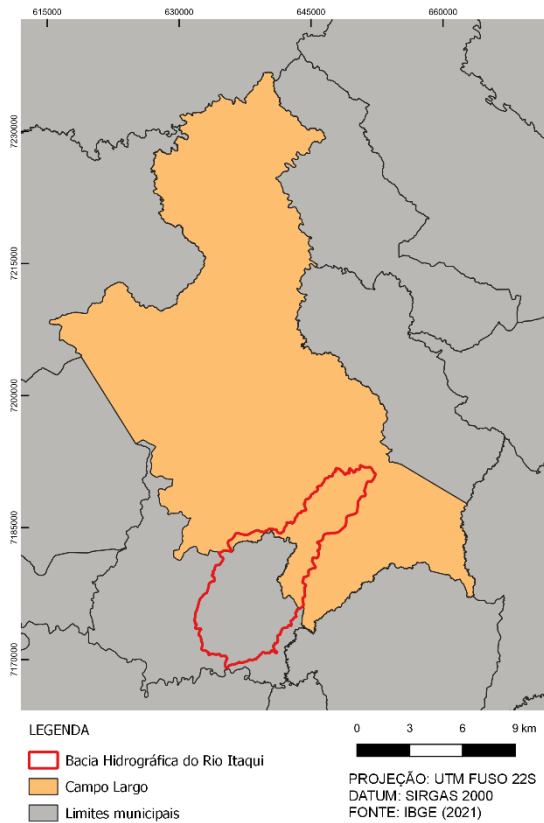


FONTE: A autora (2021).

O município de Campo Largo (FIGURA 6) possui uma extensão territorial de 1.243,551 km<sup>2</sup> e uma população estimada de 135.678 pessoas (IBGE, 2021). Já a

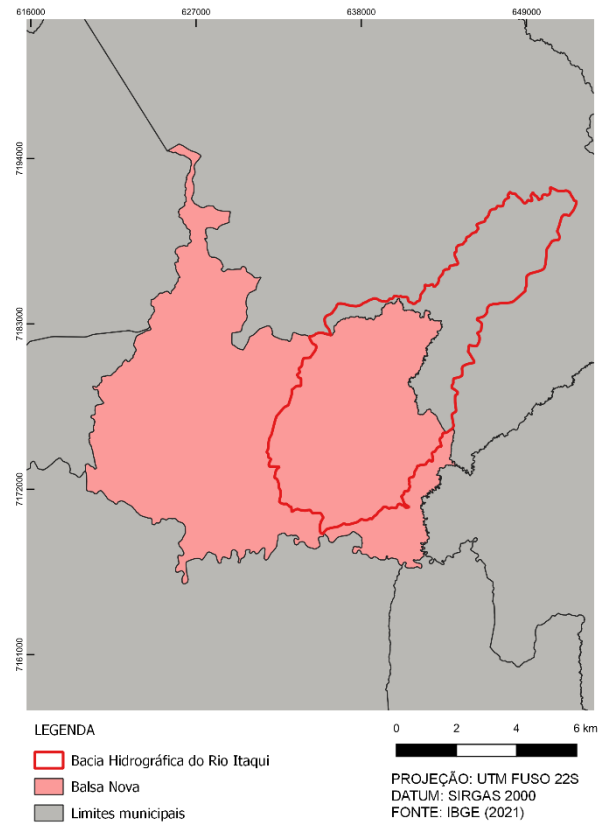
cidade de Balsa Nova (FIGURA 7) tem uma área de 348,926 km<sup>2</sup> e uma população aproximada de 13.328 habitantes (IBGE, 2021).

FIGURA 6 – LIMITE GEOGRÁFICO DO MUNICÍPIO DE CAMPO LARGO



FONTE: A autora (2021).

FIGURA 7 – LIMITE GEOGRÁFICO DO MUNICÍPIO DE BALSA NOVA



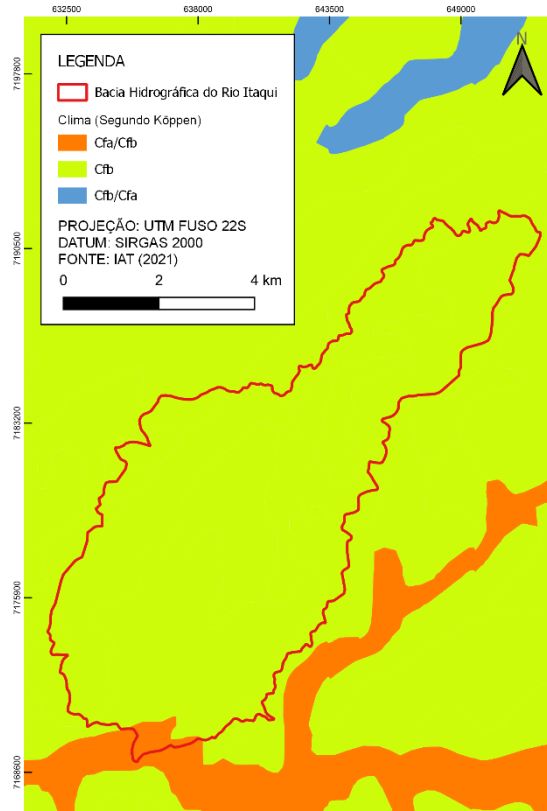
FONTE: A autora (2021).

A área de interesse encontra-se predominantemente em clima Cfb, que segundo a classificação de Köppen consiste em um clima temperado, com verão ameno. As chuvas são uniformemente distribuídas, sem estação seca e a temperatura média do mês mais quente não chega a 22 °. A Precipitação média é de 1.100 a 2.000mm. As geadas são severas e frequentes, podendo ocorrer em média de dez (10) a 25 dias anualmente (EMBRAPA, s.d.). Ao sul da Bacia, ao longo do vale do rio Iguaçu, ocorre transição entre clima “Cfa/Cfb” (FIGURA 8).

Nesta região são encontradas duas unidades fitogeográficas, a Floresta Ombrófila Mista, unidade predominante no primeiro planalto, e a Estepe Gramíneo Lenhosa, que predomina no segundo planalto paranaense. Ambas as unidades apresentam áreas de contato entre si, como as manchas de campos no primeiro

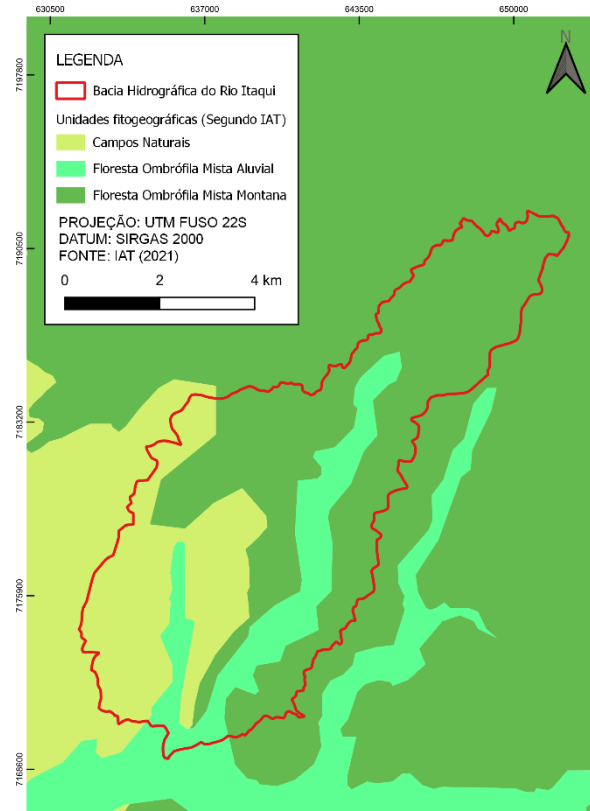
planalto (campos de Curitiba) e os capões de floresta com araucária no segundo planalto, nas áreas de estepe. (FIGURA 9).

FIGURA 8 – CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA SEGUNDO KÖPPEN NA ÁREA DE ESTUDO



FONTE: A autora (2021).

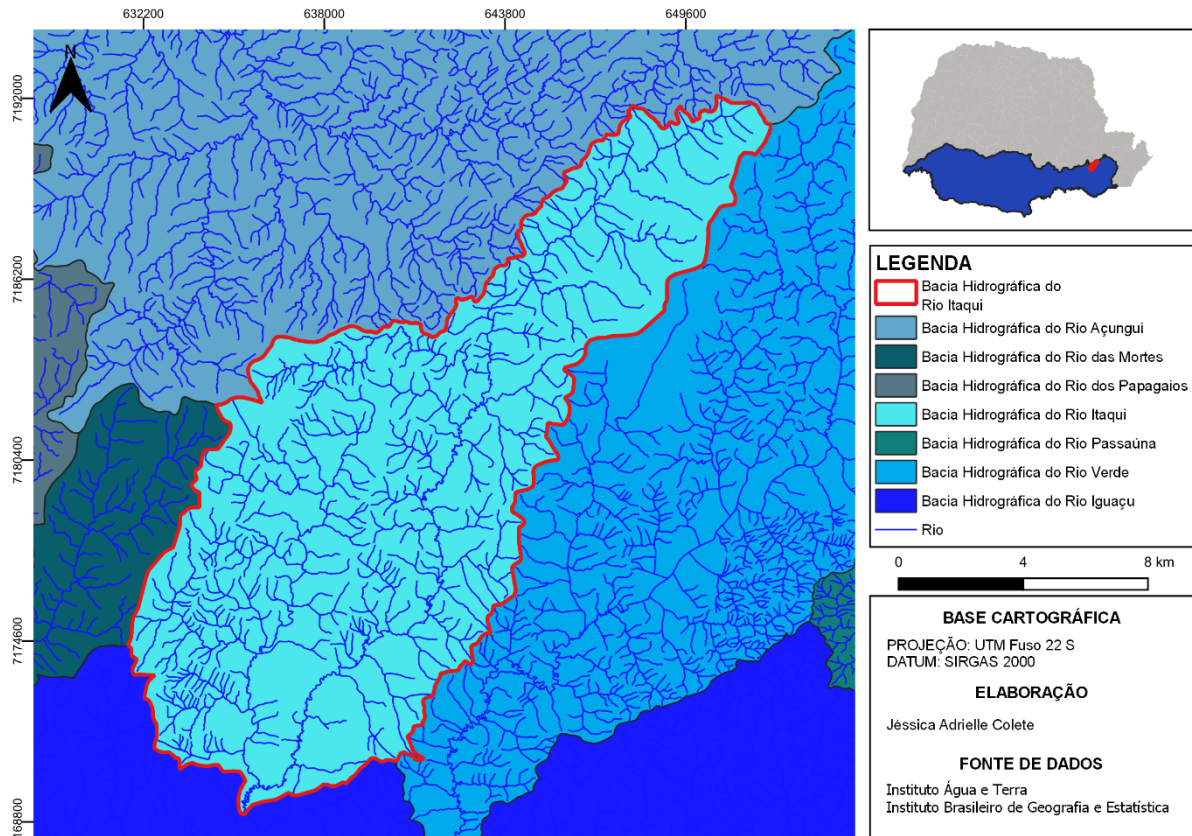
FIGURA 9 – UNIDADES FITOGEOGRÁFICAS NA ÁREA DE ESTUDO



FONTE: A autora (2021).

O Rio Itaqui é um afluente da margem direita do Rio Iguaçu. A bacia hidrográfica do rio Itaqui faz divisa com as bacias do rio Açungui, ao norte, do rio das Mortes, a oeste, do rio Verde, a leste e com as planícies do rio Iguaçu, ao sul (FIGURA 10). De acordo com a SUDERHSA (2002) parte da cabeceira da bacia situa-se em área urbanizada do município de Campo Largo, enquanto a foz, junto ao Rio Iguaçu, localiza-se na cidade de Balsa Nova.

FIGURA 10 – HIDROGRAFIA NA ÁREA DE ESTUDO

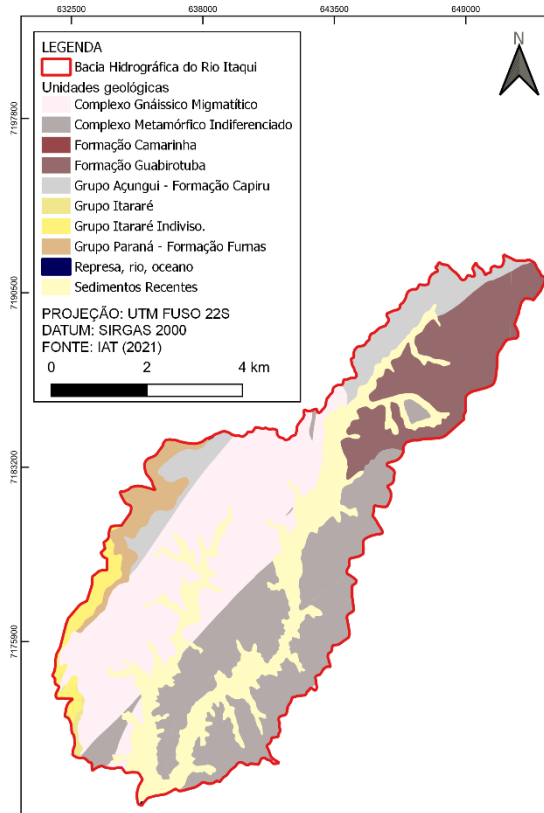


FONTE: A autora (2021).

A geologia presente na Bacia Hidrográfica do Rio Itaqui é bem heterogênea, sendo encontrados, o grupo Açungui, ao norte; a formação Guabirotuba, na parte nordeste da bacia, especialmente na região urbana de Campo Largo; o complexo metamórfico indiferenciado e o Complexo Gnáissico Migmatítico, ao sul (FIGURA 11). Uma pequena parte da bacia, em sua borda oeste, está inserida na escarpa devoniana, onde afloram rochas sedimentares paleozóicas, do grupo Paraná, (formações Furnas) e do grupo Itararé. Ao longo dos vales principais ocorrem sedimentos recentes do holoceno.

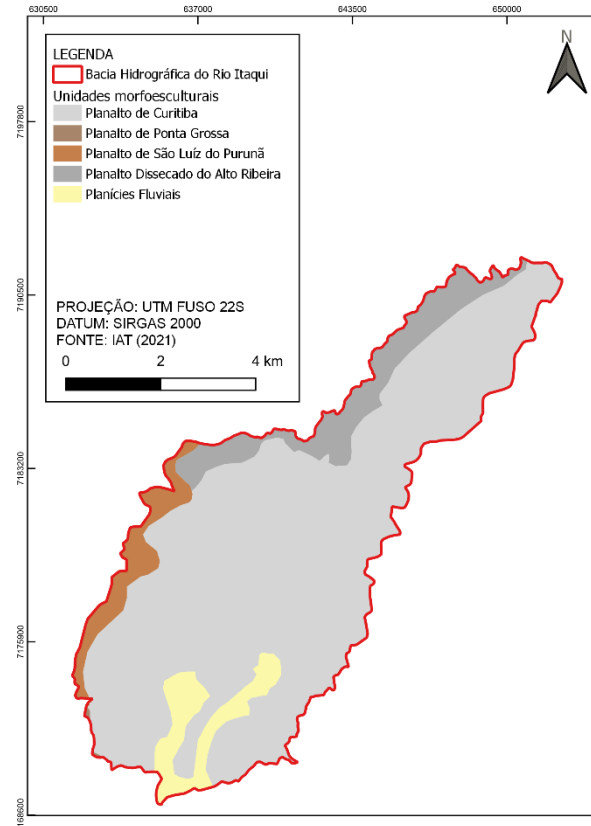
A área de estudo encontra-se em grande parte no primeiro planalto paranaense e uma pequena porção no segundo planalto. A Bacia do Rio Itaqui está inserida predominantemente na unidade morfoescultural Planalto de Curitiba e em menor escala nos Planaltos de Ponta Grossa, São Luiz do Purunã e da Alto Ribeira. Ainda dentro da Bacia são observadas Planícies Aluviais (FIGURA 12).

FIGURA 11 – GEOLOGIA NA ÁREA DE ESTUDO



FONTE: A autora (2021).

FIGURA 12 – UNIDADES MORFOESCULTURAIS NA ÁREA DE ESTUDO

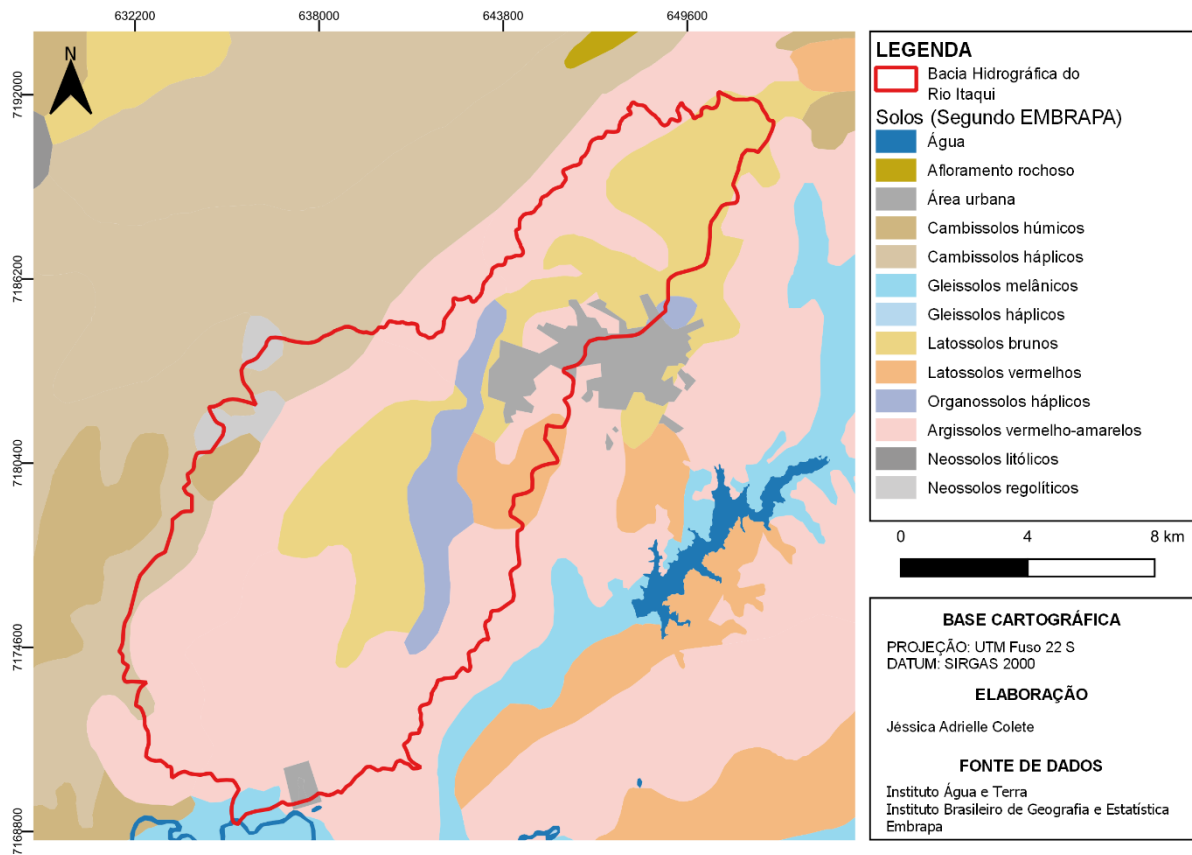


FONTE: A autora (2021).

Os solos na região da bacia são bem diversificados, sendo encontrado Argissolos vermelhos-amarelo, Cambissolos háplicos, Cambissolos húmicos, Gleissolos melânicos, Latossolos brunos, Latossolos vermelhos, Neossolos regolíticos e Organossolos háplicos (FIGURA 13).



FIGURA 13 – SOLOS NA ÁREA DE ESTUDO



FONTE: A autora (2021).

### 3.2 DELIMITAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DA VEGETAÇÃO NATIVA

Para a delimitação da vegetação nativa ocorrente na bacia estudada, foi utilizando o mapa de uso do solo do Instituto Água e Terra – IAT (2020), cujo *shapefile* está disponível em <http://www.iat.pr.gov.br/Pagina/Mapas-e-Dados-Espaciais>. Neste mapa, considerando o nível II da tabela de atributos, constam mapeadas 10 classes de uso do solo: agricultura anual, agricultura perene, área construída, área urbanizada, corpos d'água, floresta nativa, pastagem/campo, plantios florestais, solo exposto/mineração e várzeas.

Nota-se que em IAT (2020) a vegetação nativa foi dividida em apenas três classes distintas, embora na região ocorra uma diversidade maior de formações vegetacionais nativas, tais como as Formações Montana e Aluvial da Floresta Ombrófila Mista; diferentes Formações Campestres (secos e hidrófilos); Várzeas e Campos Nativos utilizados como pastagem extensiva.

No mapa fitogeográfico do Paraná (ITCG 2009), a diferenciação entre as Formações Montana e Aluvial da FOM, em função da escala, também não apresenta uma precisão adequada para os objetivos do presente estudo.

Em função disso, a vegetação nativa mapeada por IAT (2020) foi subdividida de acordo com a sua localização na paisagem (encosta vs planícies aluviais). Para isto, as diferentes formas de relevo foram delimitadas, utilizando-se dados de um modelo digital de elevação (MDE). O MDE utilizado foi elaborado pela SUDERHSA (2000), com resolução espacial de 10 m.

As informações geográficas compiladas foram processadas no software livre QGIS, versão 3.16.13.

### 3.2.1 Identificação automática de formas de relevo (*Geomorphons*)

O método utilizado para a classificação automatizada dos elementos de relevo foi o dos *geomorphons*, proposto por JASIEWICZ e STEPINSKI (2013), que analisa a similaridade textural de um Modelo Digital de Elevação (MDE), considerando a variação de níveis de cinza entre uma célula central e as células vizinhas, considerando que se a célula central for maior, assume o valor de "+", se é menor "-" e se for igual seu valor é zero "0".

A aplicação utiliza dados raster e dois valores escalares, livres, como parâmetros. O mapa de elementos das formas de relevo, *geomorphons*, foi gerado com o auxílio do software Qgis, através do algoritmo "*r.geomorphons*", contido dentro do GRASS, a partir de um Modelo Digital de Elevação. da Bacia do Alto Iguaçu.

O resultado do processamento *r.geomorphons* é um arquivo rasterizado, com valores discretos, de 1 a 10, representando as 10 formas distintas de relevos em que a área avaliada foi dividida: 1: *flat* (plano), 2: *peak* (pico), 3: *ridge* (crista), 4: *shoulder* (ressalto), 5: *spur* (crista secundária), 6: *slope* (encosta), 7: *pit* (fosso), 8: *valley* (vale); 9: *footslope* (base de encosta) e 10: *hollow* (escavado).

Para a identificação dos fundos de vales, nos parâmetros livres, utilizou-se o valor de *Lookup* "L" (distância em metros ou célula unidades) igual a 50 pixels (1000 m) e graus *thresholdt* "t" (nivelamento em graus) igual a 1°. Dos elementos de relevo que foram gerados, para a identificação dos fundos de vale foram considerados os

planos (*flat*), fosso (*pit*), vale (*valley*), base de encosta (*footslope*) e o escavado (*hollow*).

Para os elementos de relevo planos (*flat*) e base de encosta (*footslope*), nos parâmetros livres, utilizou-se o valor de *Lookup* “L” (distância em metros ou célula unidades) igual a 4 pixels (80 m) e grau *thresholdt* “t” (nivelamento em graus) igual a 1,5°.

Em ambos os *rasteres* resultantes foram observados pixels anômalos, que são dados muito diferentes dos valores adjacentes, ou seja, depressões ou elevações exageradas em relação as células do entorno, sendo necessário a aplicação de filtros para a eliminação. Para a correção, utilizou-se a opção “*Majority filter*”, presente no SAGA do Qgis, com os parâmetros modo de pesquisa “*Square*” e o raio “2”.

Após a aplicação do filtro, foi transformado os arquivos *rasteres* em vetores, para padronizar o formato das camadas utilizadas. A conversão foi feita através da ferramenta “*r.to.vect*”, encontrada no SAGA do Qgis, marcando a opção “*Corners suaves de feições área*” para obter as bordas dos polígonos mais suavizadas. Desta forma, obteve-se um arquivo vetorial (*shapefile*) com os polígonos representando os 10 elementos de relevos.

Para os fundos de vale, utilizou-se os elementos de relevo 1: *flat* (plano), 7: *pit* (fosso), 8: *valley* (vale): 9: *footslope* (base de encosta) e 10: *hollow* (escavado). E no outro arquivo, utilizado para definir as áreas planas, selecionou-se o 1: *flat* (plano) e 9: *footslope* (base de encosta).

Depois foi realizada a intersecção destes dois arquivos, para eliminar áreas que estão mapeadas como planas, mas que não são planícies. Através deste procedimento, é considerado apenas as áreas planas e bases de encostas que estejam localizadas em fundos de vale, e assim obter a delimitação das planícies aluviais.

Ressalta-se que os valores utilizados em ambos os arquivos foram obtidos através de diversos testes definindo diferentes valores e comparando o resultado do processamento com as imagens de satélite.

O *shapefile* com a delimitação das planícies aluviais foi utilizado como critério para a reclassificação da vegetação nativa do mapa de uso do solo. Todas as “florestas nativas” inseridas nas planícies aluviais foram classificadas como Floresta Ombrófila Mista Aluvial e as demais como Floresta Ombrófila Mista

Montana; todas as áreas mapeadas como “Campo/Pastagens” inseridas nas planícies aluviais foram reclassificadas como “Campos Úmidos/Pastagens” e as demais como “Campos Secos/Pastagens”. As Várzeas foram mantidas conforme classificadas em IAT (2020).

A seguir é apresentado o fluxograma das etapas usadas na metodologia.

QUADRO 1 – ETAPAS UTILIZADAS NA METODOLOGIA PARA ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO E DIVERSIDADE VEGETACIONAL DA BACIA DO ITAQUI, AFLUENTE DO RIO IGUAÇU.

1) Delimitação da vegetação nativa	2) Identificação dos elementos de relevo
<p>Fonte de dados:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Shapefile</i> de uso e ocupação do solo do Instituto Água e Terra (2020)</li> </ul> <p>Procedimentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- recorte para área da bacia;</li> <li>- Seleção dos dados referentes à vegetação nativa.</li> </ul> <p>Produto: <i>Shapefile</i> com delimitação da vegetação nativa (Florestas nativas; Campos/Pastagens/Várzeas)</p>	<p>Fonte de dados:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Modelo Digital de Elevação, com resolução espacial de 10 m da SUDERHSA;</li> </ul> <p>Procedimentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Recorte para a área de estudo;</li> <li>- Utilização do <i>r.geomorphons</i> no QGis com os parâmetros definidos;</li> <li>- Aplicação do filtro <i>Majority Filter</i>;</li> <li>- Transformação dos <i>raster</i> em vetores;</li> <li>- Intersecção dos <i>shapefile</i>;</li> </ul> <p>Produto:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Shapefile</i> com áreas de planícies aluviais</li> </ul>
3) Reclassificação da vegetação	4) Cruzamento da vegetação x solos
<p>Fonte de dados:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>shapefile</i> gerados nas etapas anteriores;</li> <li>- Intersecção do <i>shapefile</i> de vegetação nativa com o <i>shapefile</i> de áreas de planícies aluviais;</li> <li>- União das feições geradas com as feições de varzea do mapa de uso do solo IAT (2020)</li> </ul> <p>Produto:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Shapefile</i> de vegetação reclassificada, com Florestas Montanas e Aluviais, Campos Secos, Campos Úmidos e Várzeas.</li> </ul>	<p>Fonte de dados:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Shapefile</i> de solos do Paraná, EMBRAPA (2008);</li> </ul> <p>Procedimentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- União do <i>shapefile</i> de planícies aluviais, criando uma categoria “solos aluviais”;</li> <li>- Cruzamento do <i>shapefile</i> de solos com o mapa da vegetação reclassificada;</li> </ul> <p>Produtos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mapa de vegetação nativa por tipo de solo;</li> <li>- Tabela com áreas de vegetação nativa por tipo de solo.</li> </ul>

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

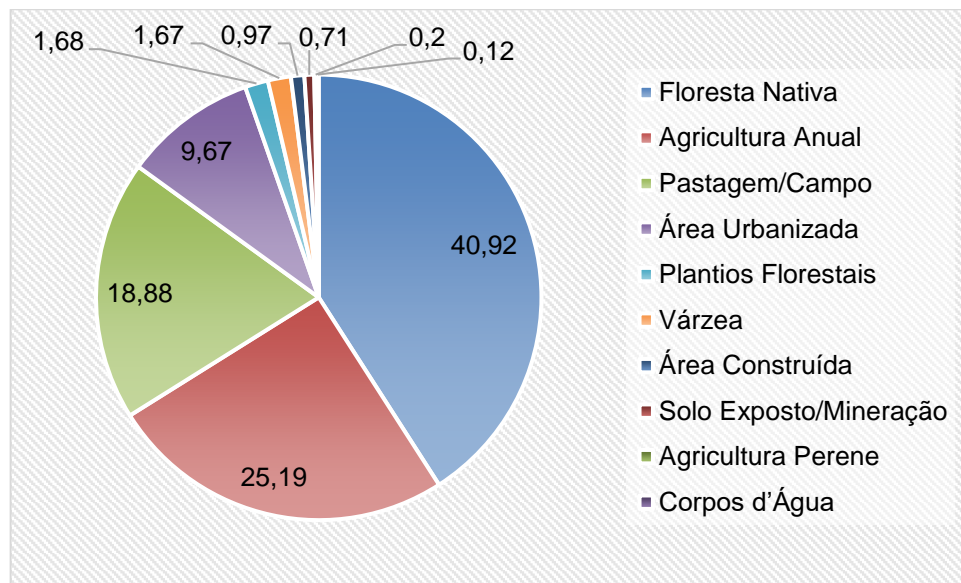
Considerando o mapeamento de uso e ocupação do solo elaborado pelo Instituto Água e Terra – IAT (2020), órgão responsável pela gestão ambiental do Estado do Paraná, as regiões chamadas genericamente de “Florestas Nativas” são as que ocupam maior área de cobertura da bacia hidrográfica do rio Itaquí, com 7.721,53 ha, representando 40,92% da área total. Em segundo lugar são as áreas de “Agricultura Anual”, com 4.753,09 ha (25,19% da área total) e em terceiro as áreas de “Pastagem/Campo” com 3.563,59 ha (18,88% da área total), conforme apresentado na TABELA 1.

TABELA 1 – ÁREAS DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO CONSIDERANDO MAPA DE USO DO SOLO IAT (2020), NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ITAQUI

Uso e Ocupação do solo	Área (ha)	%
Agricultura Anual	4753,09	25,19
Agricultura Perene	36,94	0,20
Área Construída	182,52	0,97
Área Urbanizada	1824,33	9,67
Corpos d'Água	22,9	0,12
Floresta Nativa	7721,53	40,92
Pastagem/Campo	3563,59	18,88
Plantios Florestais	317,66	1,68
Solo Exposto/Mineração	134,06	0,71
Várzea	314,51	1,67

FONTE: A autora (2021).

GRÁFICO 1 – USO E OCUPAÇÃO DO SOLO CONSIDERANDO O MAPA DE USO DO SOLO IAT (2020), NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ITAQUI, EM %



FONTE: A autora (2021).

O IAT disponibiliza no site oficial este mapeamento, entretanto nota-se que este mapeamento apresenta certas limitações, quanto à vegetação nativa. devido a escala do mapeamento.

As formações florestais são chamadas genericamente de “Floresta Nativa”, não sendo discriminadas as diferentes formações da Florestas Ombrófila Mista na região (Montana e Aluvial). Além disso, muitos remanescentes florestais são atravessados por estradas e estas, na maior parte dos casos, não foram consideradas no mapeamento.

No mapeamento também não há distinção entre áreas que são Campos Nativos e pastagem, sendo estes denominados genericamente de “Pastagem/Campo”. Inclusive, analisando as imagens de satélites é possível observar que outras ocupações estão incluídas nesta categoria erroneamente.

As Várzeas estão subestimadas, sendo possível observar pelas imagens de satélite que a delimitação deixou muito destas áreas de fora.

O mapa também não leva em consideração as estradas e outros elementos de infraestrutura sobre a fragmentação da vegetação, subestimando os efeitos de fragmentação causados pelas instalações construídas, e também superestimando o valor da área da vegetação.

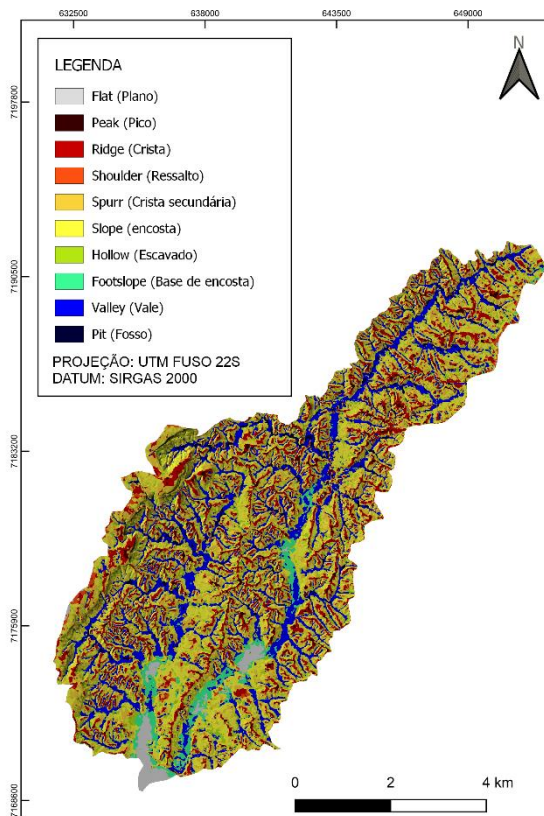
Apesar das limitações deste mapeamento, o mapa de uso e ocupação do solo é uma importante fonte de dados secundários para o estudo da distribuição da

vegetação, dada a falta de dados mais precisos, e principalmente, quando for possível utilizar métodos para a reclassificação da vegetação com dados do meio físico.

#### 4.2 IDENTIFICAÇÃO DAS FORMAS DE RELEVO

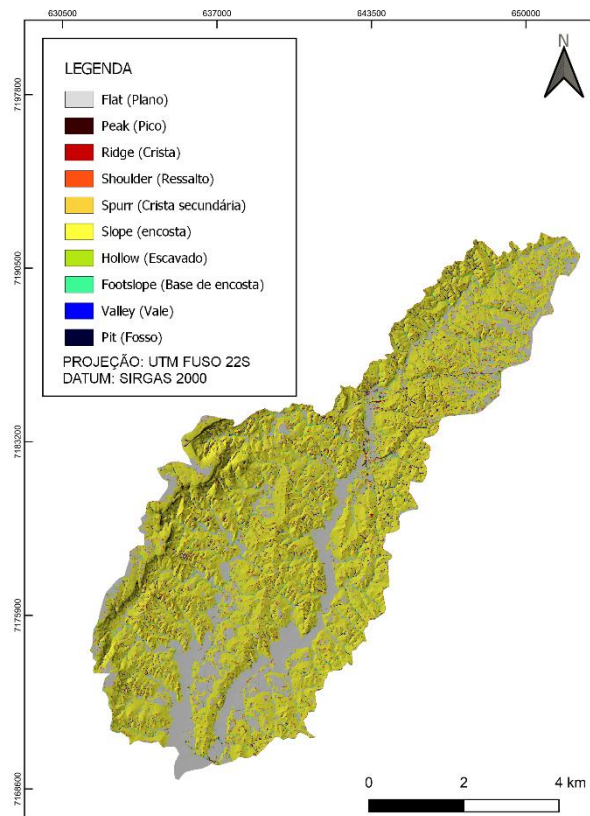
Foi possível, a partir do modelo digital de elevação, identificar os diferentes elementos de relevo (*geomorphons*) da bacia e sua distribuição espacial, com as 10 classificações, conforme apresentado na FIGURA 14 e na FIGURA 15.

FIGURA 14 – APLICAÇÃO DO GEOMORPHONS PARA IDENTIFICAÇÃO DOS FUNDOS DE VALE



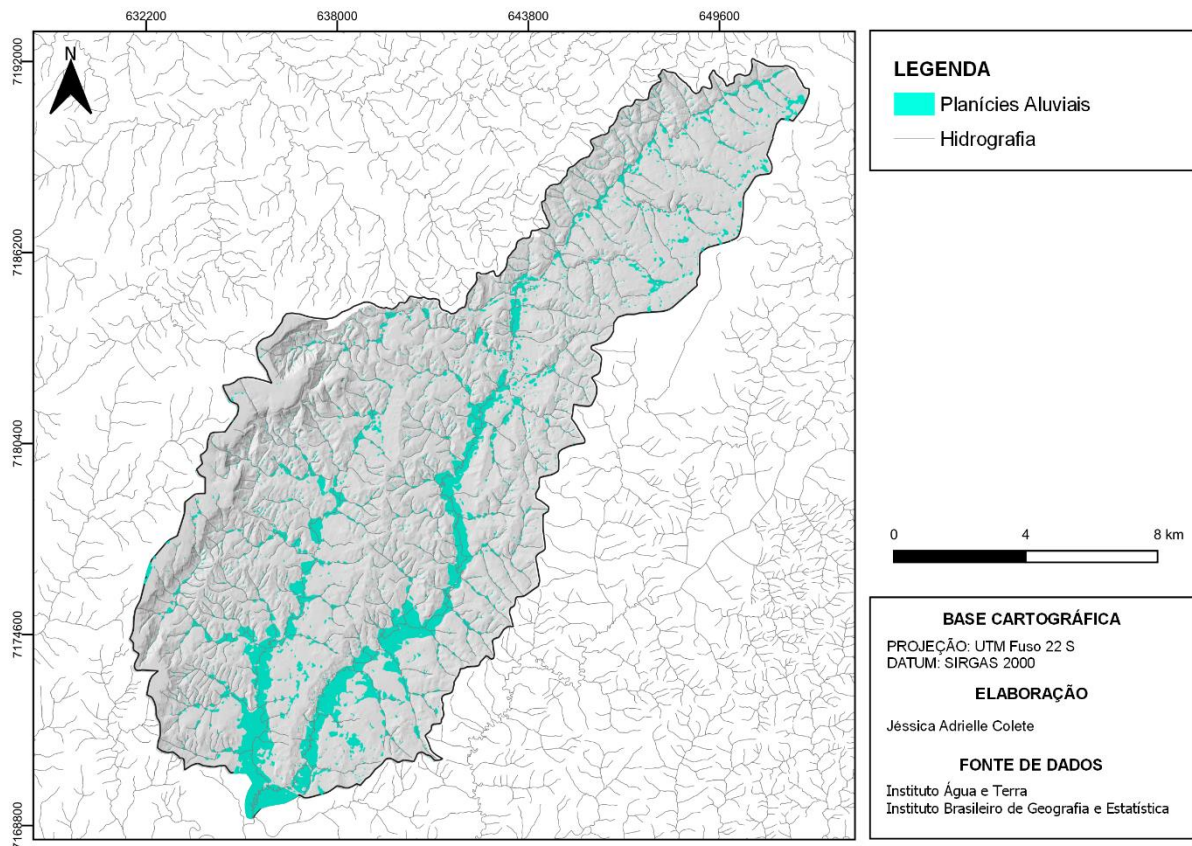
FONTE: A autora (2021).

FIGURA 15 – APLICAÇÃO DO GEOMORPHONS PARA IDENTIFICAÇÃO DAS ÁREAS PLANAS



FONTE: A autora (2021).

FIGURA 16 – DELIMITAÇÃO DAS ÁREAS DE PLANÍCIES ALUVIAIS, APÓS O CRUZAMENTO DOS DADOS, NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ITAQUI



FONTE: A autora (2021).

Nota-se que os fundos de vale são constituídos pelas formas plano, fosso, vale, base de encosta e escavado, FIGURA 14. Já as áreas planas são destacadas em cinza (FIGURA 15), constituídas tanto por planícies aluviais, bases de encosta e áreas planas de encosta.

Na FIGURA 16 está apresentado a intersecção dos fundos de vale da primeira classificação, com as áreas planas da segunda, resultando nas áreas planas localizadas em fundos de vale, correspondentes às áreas de planícies aluviais.

Esta diferença se deve a escolha dos parâmetros utilizados para o processamento dos dados.

Guadagnin e Tretin (2019) usou o valor de “L” = 10 pixels (900 metros) e graus “t” igual a 2º para relacionar os elementos de relevo (*geomorphons*) e sua relação com a vegetação florestal nativa na Serra do Caverá – RS. Já Robaina *et al.* (2016) definiu “L” = 20 pixels (1.800 metros) e graus “t” igual a 2º para estudar a compartimentação do estado do Rio Grande do Sul, através dos *geomorphons*.



Desta forma, é possível perceber que a variação dos parâmetros deve ser escolhida em relação a temática do trabalho e da resolução espacial do Modelo Digital de Elevação.

As principais vantagens na aplicação desta ferramenta é a automatização dos elementos de relevo, visto que reduz tempo de trabalho e diminui a subjetividade da interpretação visual de fotografias aéreas, servindo de suporte para o mapeamento detalhado em diferentes escalas de trabalho. E, desta forma, podendo ser utilizado de auxílio para a delimitação de alguns componentes, como por exemplo, a ocorrência das formações florestais.

Guadagnin e Tretin (2019) afirmam que a utilização dos *Geomorphons* para classificação do relevo e a relação de seus elementos com a vegetação florestal, mostrou-se uma possibilidade considerável de análise do ambiente natural e das interações entre seus fatores.

As dificuldades encontradas para a escolha dos parâmetros estão principalmente relacionadas à falta de trabalhos que utilizaram esta metodologia para a área florestal.

As limitações são que, dependendo da escala do trabalho, essa aplicação exige um alto poder computacional, visto que nem todos os computadores conseguem gerar os arquivos em tempos satisfatórios, além de uma alta capacidade de armazenamento para salvar os dados.

#### 4.3 RECLASSIFICAÇÃO DA VEGETAÇÃO

Após o cruzamento dos dados, a vegetação mapeada pelo IAT (2020) foi reclassificada conforme a posição na paisagem, onde as áreas que antes eram chamadas genericamente de “Floresta Nativa” e de “Campos/Pastagens” foram reclassificados de acordo com a sua formação, Floresta Ombrófila Mista Aluvial, Floresta Ombrófila Mista Montana, Campos úmidos/Pastagem, Campos Secos/Pastagem, e Várzea. O resultado está apresentado na FIGURA 17.

A partir da reclassificação da vegetação, é possível observar que a “Floresta Ombrófila Mista Montana” é a formação vegetacional nativa que ocupa maior área na bacia hidrográfica do rio Itaqui, com 6512,56 ha, representando 56,1% da área total de vegetação. Em segundo lugar os “Campos secos/Pastagem” com área de 2923,87 há (25,2 % da área total de vegetação) e em terceiro a Floresta Ombrófila

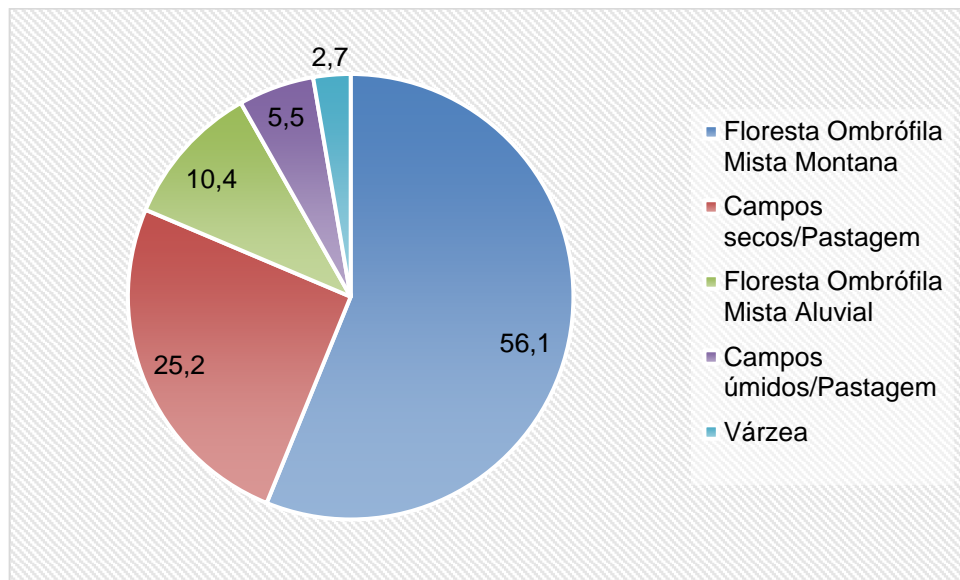
Mista Aluvial com uma área de 1208,97 ha (10,4% da área total de vegetação), conforme exibido na TABELA 2.

TABELA 2 – ÁREAS E PERCENTUAIS DE COBERTURA POR VEGETAÇÃO NATIVA, APÓS A RECLASSIFICAÇÃO, DA VEGETAÇÃO NATIVA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ITAQUI

Tipologia	Área (ha)	% de cada formação vegetacional	% da vegetação em relação a área total da bacia
Campos secos/Pastagem	2923,87	25,2	15,5
Campos úmidos/Pastagem	639,72	5,5	3,4
Floresta Ombrófila Mista Aluvial	1208,97	10,4	6,4
Floresta Ombrófila Mista Montana	6512,57	56,1	34,5
Várzea	314,51	2,7	1,7
Outros usos	7271,49	-	38,5

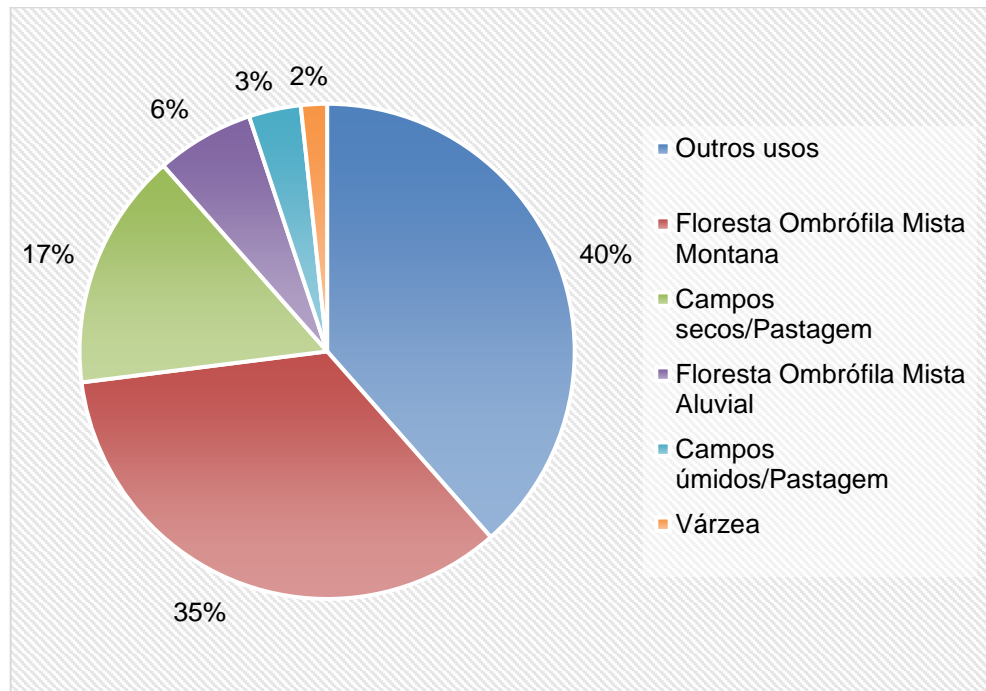
FONTE: A autora (2021).

GRÁFICO 2 – VEGETAÇÃO NATIVA APÓS A RECLASSIFICAÇÃO, NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ITAQUI, EM %



FONTE: A autora (2021).

GRÁFICO 3 – VEGETAÇÃO EM RELAÇÃO A ÁREA TOTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ITAQUI, EM %



FONTE: A autora (2021).

#### 4.4 DISTRIBUIÇÃO DA VEGETAÇÃO NATIVA

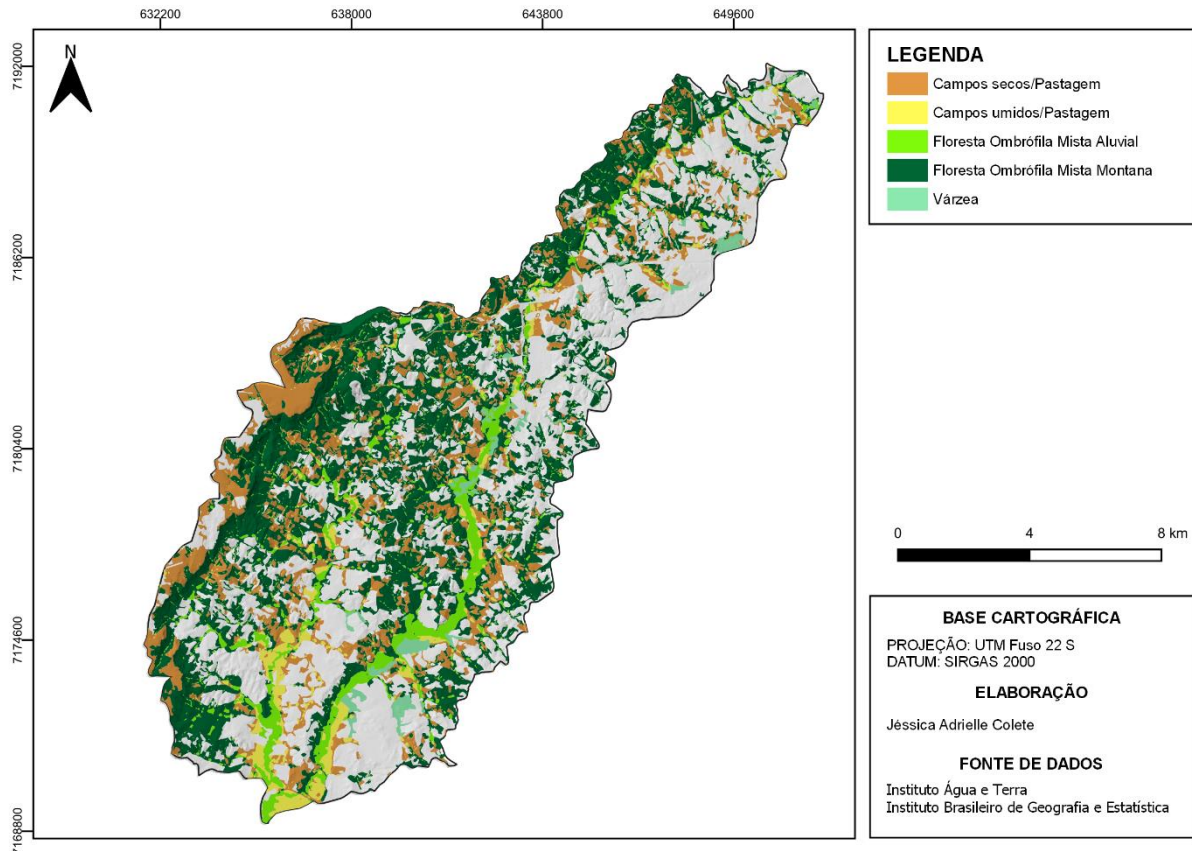
A vegetação nativa está relativamente bem distribuída na bacia, porém observam-se algumas áreas com maior conectividade.

São encontrados dois grandes corredores de vegetação florestal que ocorrem naturalmente na área, sendo que estes possuem grande conectividade: um ao longo da borda oeste da bacia, nas encostas da escarpa e na divisa com a bacia do Açungui (florestas montanas); e outro ao longo do rio Itaqui (florestas aluviais e montanas).

É possível observar na FIGURA 17 que a conectividade leste-oeste entre estes dois corredores ligando a APA do Rio Verde até a APA da Escarpa Devoniana, ocorre principalmente na região central da bacia, interligados por áreas de campos úmidos e secos, intercalados por remanescentes florestais. KOZERA *et al.* (2012) afirma que os campos são dominantes no estado do Paraná e ocorrem em conjunto com a Floresta Ombrófila Mista, formando mosaicos ao longo da paisagem.

As Estepes estão mais concentradas no Sul da bacia, principalmente ao longo do afluente Rio Pintagueiras, e no alto da Escarpa Devoniana, onde predominam os Campos Secos (rupestres).

FIGURA 17 – RECLASSIFICAÇÃO DA VEGETAÇÃO NATIVA



FONTE: A autora (2021).

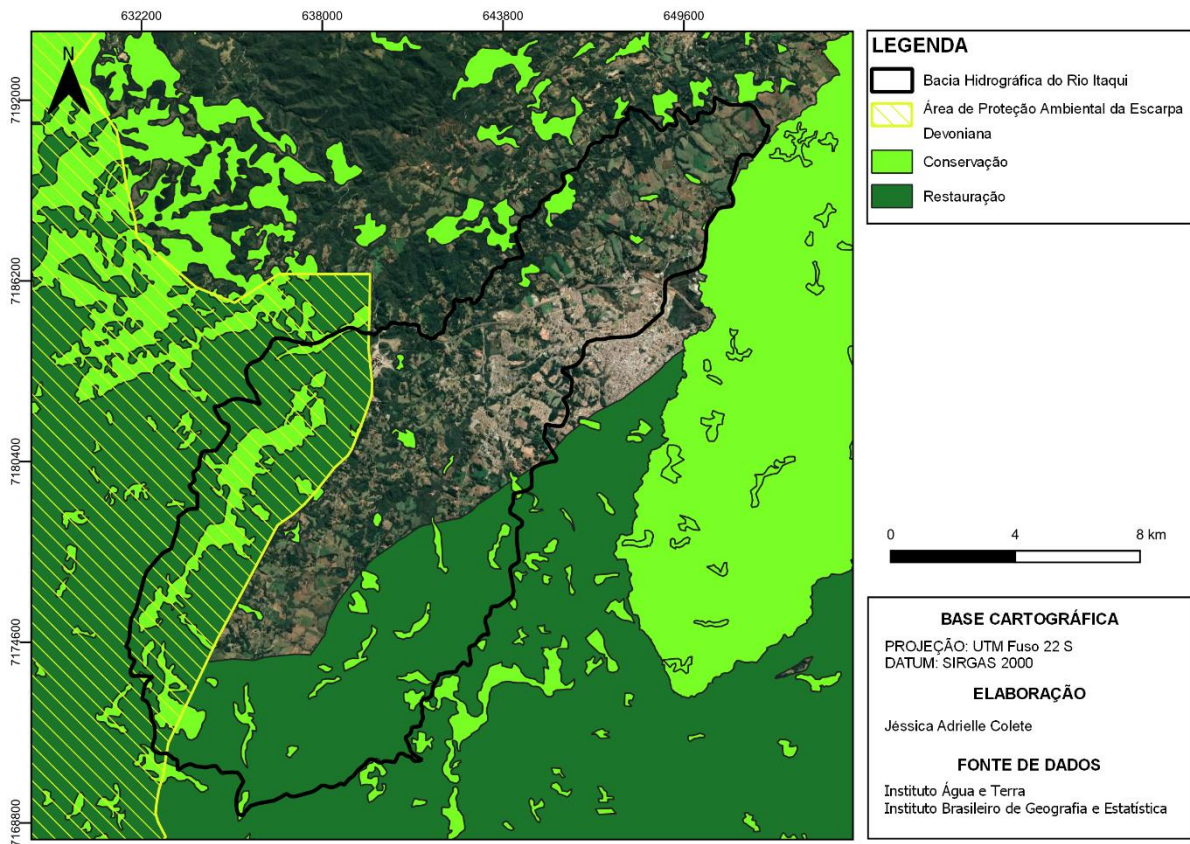
Com este mapeamento é possível estabelecer uma delimitação correta da vegetação e assim criar melhores políticas públicas para conservação destas regiões. Além de conseguir contabilizar quais áreas estão mais degradadas e quais estão mais conservadas.

#### 4.4 ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA A CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE

O IAT (2016) estabeleceu áreas que são consideradas prioritárias para a conservação da biodiversidade, com intuito delas serem recuperadas e conservadas, para a proteção dos recursos hídricos e da biodiversidade.

Os remanescentes florestais nativos ou outros atributos físicos ou bióticos que apresentam fragilidade ambiental, formam as áreas prioritárias para conservação, visto que apresentam elevada relevância, sendo sua conservação necessária para a manutenção da biodiversidade.

FIGURA 18 – ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA A CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE, SEGUNDO IAT (2016)



FONTE: A autora (2021).

As áreas de maior conectividade da bacia hidrográfica do rio Itaqui estão incluídas no mapa do IAT, resultando em 51,6% da área protegida, entretanto outras regiões da bacia poderiam ser inseridas como áreas prioritárias para conservação, como a parte noroeste e a parte central da bacia.

Também poderia ser acrescentado nas áreas prioritárias para conservação a conectividade desses vários corredores encontrados na bacia, como os Campos na região Sul da bacia que estão no entorno do afluente Rio Pitangueiras, visto que é uma área com potencial para criação de um corredor para a conservação deste tipo de vegetação, e as florestas montanas de fundo de vale ao norte, ao longo das áreas de preservação permanente.

#### 4.5 DISTRIBUIÇÃO DA VEGETAÇÃO NATIVA E SUA RELAÇÃO COM SOLOS

Foi feito o cruzamento da vegetação reclassificada com o mapa de solos elaborado pela EMBRAPA (2008), tendo como resultado que o Argissolo Vermelho-Amarelo é o solo mais representativo na bacia do rio Itaqui, com 44,5%.

Os Campos secos/Pastagens e a Floresta Ombrófila Mista Montana estão predominantemente sobre os Argissolos Vermelho-Amarelo.

Os Argissolos Vermelho-Amarelo são solos que possuem textura que varia de arenosa a argilosa no horizonte A constituídos de material mineral, apresentando horizonte B textural e com composição de média a muito argilosa no horizonte B, sendo classificado como de média fragilidade (EMBRAPA, 2006).

Os Campos úmidos/Pastagens e a Floresta Ombrófila Mista Aluvial estão predominantemente nos solos aluviais, assim como as várzeas.

TABELA 3 – ÁREAS E PERCENTUAIS DO CRUZAMENTO DOS SOLOS COM A VEGETAÇÃO NATIVA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ITAQUI

Tipos de solo	Área						% de cada tipo de solo na bacia
	Campos secos/ Pastagem (ha)	Campos úmidos /Pastagem (ha)	Floresta Ombrófila Mista Aluvial (ha)	Floresta Ombrófila Mista Montana (ha)	Várzea (ha)	Total (ha)	
Argissolo vermelho-amarelo	1389,3	-	-	3688,1	89,4	5166,8	44,5
Área urbana	29,4	-	-	93,6	0,4	123,4	1,1
Cambissolo háplico	359,2	-	-	421,1	0,0	780,3	6,7
Cambissolo húmico	42,9	-	-	178,4	-	221,2	1,9
Corpo d'água	-	-	-	0,1	-	0,1	0,0
Latossolo bruno	707,1	-	-	1522,6	52,7	2282,4	19,7
Latossolo vermelho	39,0	-	-	212,8	-	251,8	2,2
Neossolo regolítico	158,9	-	-	53,9	-	212,8	1,8

Solos aluviais (organossolos e gleissolos)	198,1	639,7	1209,0	342,0	171,9	2560,7	22,1
Total	2923,9	639,7	1209,0	6512,6	314,5	11599,6	100,0

FONTE: A autora (2021).

As áreas de maiores conectividades entre vegetação nativa estão inseridas em solos mais frágeis, denominado de categoria solos aluviais, onde são enquadrados os organossolos e os gleissolos.

Vagula (2019), Ross (1994) e IAC (2006) *apud* Vagula (1994) afirmam que os gleissolos são solos que apresenta muita fragilidade.

Cúrcio *et al.* (s.d.) comenta que devido a sua composição predominantemente orgânica, os organossolos possuem baixa densidade com elevados percentuais de porosidade, o que determina extrema fragilidade no que se refere a sua estabilidade ambiental. Soares (2008) afirma que os organossolos apresentam alta fragilidade, sendo necessária maior proteção e conservação.

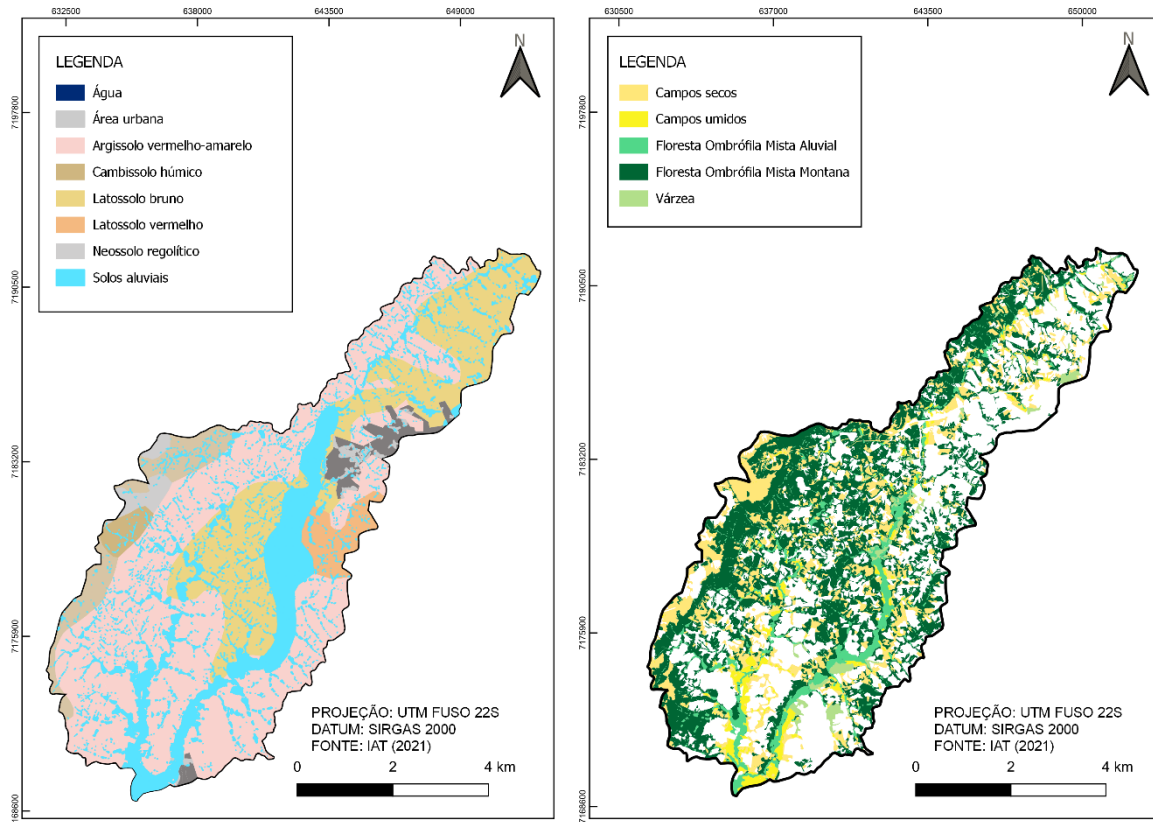
Para Kozera (2008) as Estepes Gramíneo-Lenhosas são relacionadas a ambientes naturais com considerável fragilidade, ocorrendo em meios com saturação hídrica permanente, estando frequentemente instalados sobre solos rasos. Além disso, em algumas áreas de campos da região os solos não apresentam boas condições para a agricultura, visto que são pobres, rasos e arenosos, além do isolamento fitogeográfico imposto pela barreira geomorfológica representada pela Escarpa Devoniana, isso resulta em algumas áreas de estepes que ainda estão preservadas (MELO *et al.*, 2007).

De acordo com a EMBRAPA (2006.) os latossolos vermelhos são responsáveis por grande parte da produção de grãos do país, pois ocorrem predominantemente em áreas de relevo plano e suave ondulado, o que favorece a mecanização da agricultura, além dele apresentar favorável fertilidade química e boas propriedades físicas. Por isso, sua vegetação original (Mata Atlântica) foi substituída por intensa atividade agrícola. Este resultado é visualizado observando o TABELA 3, onde apenas 251,8 ha de latossolo vermelho da bacia está ocupado por vegetação florestal.

Vagula (2019) afirma que em florestas naturais e as florestas cultivadas com biodiversidade é muito alto o nível de proteção do solo. Sendo assim, recomenda-se

a preservação da cobertura vegetal em solos muito frágeis. Na FIGURA 19 está apresentado a relação solo versus vegetação na bacia do rio Itaquí.

FIGURA 19 – RELAÇÃO DA VEGETAÇÃO NATIVA COM OS SOLOS NA BACIA DO RIO ITAQUI



FONTE: A autora (2021).

A relação da vegetação com o meio físico é essencial para a identificação da diversidade fitoambiental, que consiste em “uma unidade ecológica onde há correspondência fisiográfica, geológica, de bacia hidrográfica, altitude e formação original”, servindo assim para estabelecer estratégias de recuperação e conservação ambiental (GALVÃO e AUGUSTIN, 2011).



## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A bacia hidrográfica do rio Itaqui está em sua maior parte coberta de vegetação nativa (Floresta Ombrófila Mista, Campos e Várzeas). As áreas mais fragmentadas estão ao norte da bacia, onde ocorre a maior expansão da área urbana e áreas agrícolas. As regiões mais conservadas estão localizadas próximas a Escarpa Devoniana, visto que está apresenta baixa aptidão agrícola e justamente em uma das áreas mais frágeis, juntamente com as planícies aluviais, são encontrados os corredores ecológicos, com grande conectividade entre si através dos campos nativos intercalados por remanescentes florestais.

As diferentes tipologias vegetacionais encontradas na bacia estão bem distribuídas, sendo que aproximadamente 51,6% da bacia está enquadrada como área prioritárias para conservação, segundo IAT (2016). Entretanto ainda existem regiões essenciais para a manutenção da biodiversidade na bacia que precisam ser protegidas.

A metodologia de aplicação dos *geomorphons* demonstrou ser uma boa ferramenta para a definição dos elementos de relevo e, quando combinadas com outras variáveis do meio físico e bióticos, pode servir de auxílio para o mapeamento de outras áreas.

### 5.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A sugestão é que seja realizado a pesquisa em escritório com auxílio de ferramentas de geoprocessamento mas também seja feito levantamento de em campo, visto que os dois trabalhos se completam.

Também é necessário a identificação de elementos de infraestrutura, como estradas e pontes, para diminuir a superestimativa das áreas.

Para a aplicação dos *geomorphons* ainda não existem valores de parâmetros estabelecidos para cada área, sendo necessário verificar quais são os melhores valores para o trabalho que está sendo feito. Recomenda-se testar a ferramenta com outras formas de relevo e vegetação.

## REFERÊNCIAS

- ACCIOLY, P. Mapeamento dos remanescentes vegetais arbóreos do estado do paraná e elabora o de um sistema de informa es geográficas para fins de análise ambiental do estado. 2013. 129 f. Tese – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba (PR), 2013.
- AZEVEDO, J. **Bioma: o que   e principais exemplos**. Disponível em: <<https://www.ecycle.com.br/bioma/>>. Acesso em: 10 out. 2021.
- BALBINOT, R.; OLIVEIRA, N. K.; VANZETTO, S. C.; PEDROSO, K.; VALERIO, A. F. O papel da floresta no ciclo hidrológico em bacias hidrográficas. **Ambiência**. Guarapuava, v.4, n.1, p. 131-149, jan./abr. 2008. Disponível em: <<https://revistas.unicentro.br/index.php/ambiencia/article/view/294/1892>>. Acesso em: 02 nov. 2021.
- BRASIL. **Lei n  6.001, de 19 de dezembro de 1973**. Dispõe sobre o Estatuto do  ndio.
- BRASIL. **Lei n  9.985, de 18 de julho de 2000**. Regulamenta o art. 225,   1 , incisos I, II, III e VII da Constitui o Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conserva o da Natureza e dá outras providências.
- BRASIL. **Lei n  11.428, de 22 de dezembro de 2006**. Dispõe sobre a utiliza o e prote o da vegeta o nativa do Bioma Mata Atlântica, e dá outras providências.
- BRASIL. **Lei n  12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a prote o da vegeta o nativa; altera as Leis nós 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 nós 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória n  2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências.
- CUNHA, A.A.; GUEDES, F. B. Mapeamentos para conserva o e recupera o da biodiversidade na Mata Atlântica: em busca de uma estratégia espacial integradora para orientar a es aplicadas. Ministério do Meio Ambiente (MMA), Secretaria de Biodiversidade e Florestas. Brasília, DF. 216p. 2013.
- C RCIO, G. R.; BONNET, A.; PRETY, A. L. Organossolos do subplanalto de cascavel – Características e potencial de uso. Disponível em: <<https://www.agricultura.pr.gov.br/PronasolosPR/Pagina/ORGANOSSOLOS-DO-SUBPLANALTO-DE-CASCADEL-Characteristicas-e-potencial-de-uso>>. Acesso em: 30 nov. 2021.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Clima. Disponível em: <<https://www.cnpf.embrapa.br/pesquisa/efb/clima.htm>>. Acesso em: 01 nov. 2021.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Editores Técnicos, Humberto Gonçalves dos Santos *et al.* Rio de Janeiro: **Embrapa Solos**, 2006. Disponível em: <https://www.agrolink.com.br/downloads/sistema-brasileiro-de-classificacao-dos-solos2006.pdf>. Acesso em: 27 nov. 2021.

FUNDAÇÃO DE PESQUISAS FLORESTAIS DO PARANÁ (FUPEF). Conservação do Bioma Floresta com Araucária: relatório final. Diagnóstico dos remanescentes florestais/PROBIO Araucária. **FUPEF**, Curitiba, Brasil, v. 2, 236 pp. 2001.

GALVÃO, F.; AUGUSTIN, C. A ciência a serviço da sustentabilidade ambiental – As unidades fitoambientais como alternativa aos impasses do novo código florestal. **Floresta**, Curitiba, v. 41, n.3, p. 667-678, jul./set. 2011.

GUADAGNIN, P. M.A.; TRETIN, R. Classificação do relevo com base nos elementos de Geomorphons e sua relação com a vegetação florestal nativa na Serra do Caverá – Sudoeste do RS, Brasil. **Geotextos**, v. 15, n. 1, p. 231-252, Julho. 2019.

INSTITUTO ÁGUA E TERRA (IAT). Disponível em: <<http://www.iat.pr.gov.br/>>. Acesso em: 15 nov. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 15 nov. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Biomass**. Disponível em: <<https://cnae.ibge.gov.br/en/component/content/article.html?catid=0&id=1465>>. Acesso em: 10 out. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. Rio de Janeiro, v.2, 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE FLORESTAS (IBF). **Bioma Mata Atlântica**. Disponível em: <<https://www.ibflorestas.org.br/bioma-mata-atlantica>>. Acesso em: 17 out. 2021.

JASIEWICZ, J.; STEPINSKI, T. F. *Geomorphons a Pattern Recognition Approach to Classification and Mapping of Landforms*. **Geomorphology**, n. 182, p. 147–156, 2013.

JULESZ, B. *Textons, the elements of texture perception, and their interactions*. **Nature**, n. 290, p. 91-97. 1981.

LEITE, P. F. **As diferentes unidades fitoecológicas da região sul do Brasil proposta de classificação**. 1994. 173 f. Dissertação – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba (PR), 1994. Disponível em: <<https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/26579>>. Acesso em: 31 out. 2021.

KARMANN, I. Ciclo da água, água subterrânea e sua ação geológica. Decifrando a terra. **Oficina de texto**. São Paulo, Brasil. 113-138, 2000.

KERSTEN, R.; BORGIO, M; GALVÃO, F. **Floresta Ombrófila Mista: aspectos fitogeográficos, ecológicos e métodos de estudo**. 2015. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/283459400\\_Floresta\\_Ombrofila\\_Mista\\_aspectos\\_fitogeograficos\\_ecologicos\\_e\\_metodos\\_de\\_estudo](https://www.researchgate.net/publication/283459400_Floresta_Ombrofila_Mista_aspectos_fitogeograficos_ecologicos_e_metodos_de_estudo)>. Acesso em: 31 out. 2021.

- KLEIN, R. M. O aspecto dinâmico do pinheiro brasileiro. **Sellowia**, v. 12 (12), p. 17-44. 1960.
- KLEIN, R. M. Os tipos florestais com *Araucaria* em Santa Catarina. Anais do XXXVI Congresso Brasileiro de Botânica. **Sociedade Botânica do Brasil**, Curitiba, Brasil, p. 97-100. 1985.
- KOCH, Z.; CORRÊA, M. S. Araucária: A floresta do Brasil meridional. **Olhar Brasileiro Editora**, Curitiba, Brasil, 148 pp. 2002.
- KOZERA, C.; KUNIYOSHI, Y. S.; GALVÃO, F.; CURCIO, G. R. Espécies vasculares de uma área de campos naturais do sul do Brasil em diferentes unidades pedológicas e regimes hídricos. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 10, n. 3, p. 267-274, 2012.
- KOZERA, C. Florística e fitossociologia de uma formação pioneira com influência fluvial e de uma estepe gramíneo-lenhosa em diferentes unidades geopedológicas, município de Balsa Nova, Paraná – Brasil. 2008. 269f. Tese, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba (PR), 2008.
- MAACK, R. Notas complementares a apresentação preliminar do mapa fitogeográfico do Estado do Paraná (Brasil). **Arquivos do Museu Paranaense**, v. 7, p. 351-361. 1950.
- MELO, M.S.; MORO, R.S.; GUIMARÃES, G.B. O Patrimônio Natural dos Campos Gerais e o desenvolvimento sustentável. **Patrimônio natural dos campos gerais**. Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, pp. 221-227. 2007.
- METZGER, J. *Conservation issues in the Brazilian Atlantic forest*. **Biological Conservation**, v. 142, p. 1138-1140, June. 2009.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Biodiversidade Brasileira**. Disponível em: <<https://antigo.mma.gov.br/biodiversidade/biodiversidade-brasileira.html>>. Acesso em: 10 out. 2021.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Mapa de UC's e Terras Indígenas**. Disponível em: <<https://antigo.mma.gov.br/estrategia-do-programa-de-monitoramento-ambiental-dos-biomas-brasileiros-pmabb/item/268-mapa-de-uc-s-e-terras-ind%C3%ADgenas.html>>. Acesso em: 17 out. 2021.
- MORO, R. S.; CARMO, M. R. B. A vegetação campestre nos Campos Gerais. **Patrimônio Natural dos Campos Gerais do Paraná**. Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, pp. 93-98. 2007.
- MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B.; KENT, J. *Biodiversity hotspots for conservation priorities*. **Nature**, n. 403, p. 853-8, February. 2000.
- NARVAES, I. S.; BRENA, D. A.; LONGHI, S. J. Estrutura da regeneração natural em floresta ombrófila mista na floresta nacional de São Francisco de Paula, RS. **Ciência Florestal**, v. 15, n. 4, p. 331-342, outubro. 2005.

PASDIORA, A. L. **Florística e fitossociologia de um trecho de floresta ripária em dois compartimentos ambientais do rio Iguaçu, Paraná, Brasil.** 2003. 133 f. Dissertação – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba (PR), 2003. Disponível em: <<https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/26641>>. Acesso em: 31 out. 2021.

Proposta do grupo de trabalho preservação e recuperação da Floresta Ombrófila Mista no Estado de Santa Catarina. **Portaria Ministerial 49 de 06 de fevereiro de 2002**, Brasília, Brasil, p. 77. 2002.

RIBEIRO, M.; METZGER, J.; MARTENSEN, A.; PONZONI, F.; HIROTA, M. *The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation.* **Biological Conservation**, v. 142, p. 1141-1153. March. 2009.

ROBAINA, L. E. S.; TRENTIN, R.; LAURENT, F. Compartimentação do estado do Rio Grande do Sul, Brasil, através do uso de *geomorphons* obtidos em classificação automatizada. **Rev. Bras. Geomorfol.**, São Paulo, v. 17, n. 2, p. 287-298, 2016.

ROBAINA, L. E. S.; TRENTIN, R.; CRISTO, S. S. V.; SCCOTI, A. A. V. *Application of the concept of geomorphons to the landform classification in Tocantins state, Brazil.* **Revista RA'EGA Espaço Geográfico em Análise**, v. 41, p. 37-48, 2017.

RODERJAN, C. V.; GALVÃO, F.; KUNIYOSHI, Y. S.; HATSCHBACH, G.G. As unidades fitogeográficas do estado do Paraná, Brasil. **Ciência e Ambiente**, v. 24, n.1. p 42-75. 2002.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v.8, 1994. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/rdg/issue/view/3935>. Acesso em: 29 nov. 2021.

SAGARA, F. T. **Estudo hidrológico de uma pequena bacia hidrográfica experimental no município de General Carneiro – PR, através de monitoramento e modelagem.** 2001. 75 f. Dissertação – Setor de Ciências do Solo. Universidade Federal do Paraná, Curitiba (PR), 2001.

SANTANA, J. A. S.; SOUTO, J. S. Diversidade e estrutura fitossociológica da Caatinga na Estação Ecológica do Seridó-RN. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 6, n. 2, p. 232-242. 2006.

SELUSNIAKI, M. A. **Estrutura e composição florística dos campos naturais de São Luiz do Purunã, Balsa Nova-PR.** 2013. 73 f. Dissertação – Setor de Ciências Agrárias. Universidade Federal do Paraná, Curitiba (PR), 2013.

SILVA, N. M; BITTENCOURT, A. V.; SALAMUNI, E. Contribuição à gestão da bacia hidrográfica do rio itaqui – Campo Largo/PR pela caracterização da qualidade da água e suas condicionantes Ambientais. **Boletim Paranaense de Geociências**.v 64-65, p. 01-13. 2011.

SILVEIRA, C. T.; SILVEIRA, R. M. P.; TRENTIN, R.; ROBAINA, L. E. S. Classificação automatizada de elementos de relevo no estado do Paraná (Brasil) por meio da aplicação da proposta dos *geomorphons*. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 19, n. 1, p. 33-57, 2018.

S.O.S MATA ATLÂNTICA; UNIDADE DE PESQUISA DO MCTIC (INPE). **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica**. Periódico 2019-2020.

S.O.S MATA ATLÂNTICA. Conservação da mata atlântica brasileira: um balanço dos últimos dez anos. Disponível em: <<https://www.sosma.org.br/artigos/conservacao-da-mata-atlantica-brasileira-um-balanco-dos-ultimos-dez-anos/>>. Acesso em: 10 out. 2021.

SOARES, M. R. G. J. Potencial de uso agrícola e fragilidade ambiental como instrumentos voltados ao planejamento da bacia do Rio Pequeno – Paraná. 2008. 104f. Dissertação. Universidade Federal do Paraná, Curitiba (PR). 2008.

SOCHER, L. G.; RODERJAN, C. V.; GALVÃO, F. Biomassa aérea de uma floresta ombrófila mista aluvial no município de Araucária (PR). **Floresta**, Curitiba, PR, v. 38, n. 2, p. 245-252, abr./jun. 2008.

SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO AMBIENTAL (SUDERHSA). **Modelagem das linhas de inundação da bacia do Rio Itaqui (Campo Largo)**. Plano Diretor de Drenagem para a Bacia do Rio Iguaçu na Região Metropolitana de Curitiba. v.4. 2002.

TABARELLI, M.; PINTO, L. P.; SILVA, J. M. C.; HIROTA, M. M.; BEDÊ, L. C. Desafios e oportunidades para a conservação da biodiversidade na Mata Atlântica brasileira. **Megadiversidade**, Brasil, v. 1, n. 1, p.132-138, Julho. 2005.

VAGULA, P. R. **Fragilidade Ambiental aos processos erosivos na bacia hidrográfica do Ribeirão do Mandaguari, oeste do estado de São Paulo, Brasil**. 2019. 122f. Dissertação. Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente (SP), 2019.

VANTROBA, A. P. **Dinâmica da floresta ombrófila mista aluvial, análise estrutural, dendrocronológica e ecofisiológica de *Zanthoxylum rhoifolium* LAM.** 2019. 134 f. Dissertação. Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava (PR), 2019.

VELOSO, H. P.; RANGEL-FILHO, A. L. R. R.; LIMA, J. C. A. Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal. **IBGE - DERNA**. Rio de Janeiro, RJ. 124p. 1991.

WESTPHALEN, L. A.; SANTOS, L. J. C. Caracterização do meio físico da bacia hidrográfica do Rio Itaqui/PR: Subsídio para o mapeamento da fragilidade potencial. **V Simpósio Nacional de Geomorfologia**. 2004.