



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA**

**Análise das Fragilidades Ambientais da Bacia Hidrográfica do  
Tarumã, Municípios de Viamão e Alvorada - RS**

**GUILHERME ADAMS DOS SANTOS**

**PORTO ALEGRE  
2021**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA**

**Análise das Fragilidades Ambientais da Bacia Hidrográfica do  
Tarumã, Municípios de Viamão e Alvorada - RS**

Guilherme Adams dos Santos

Professor Orientador: Nina Simone Vilaverde Moura

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
como requisito parcial à obtenção do título de  
Bacharel em Geografia no Departamento de  
Geografia da Universidade Federal do Rio  
Grande do Sul.

PORTO ALEGRE

2021

### CIP - Catalogação na Publicação

dos Santos, Guilherme Adams  
Análise das Fragilidades Ambientais da Bacia  
Hidrográfica do Tarumã, Municípios de Viamão e  
Alvorada - RS / Guilherme Adams dos Santos. -- 2021.  
87 f.  
Orientadora: Nina Simone Vilaverde Moura.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) --  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto  
de Geociências, Bacharelado em Geografia, Porto  
Alegre, BR-RS, 2021.

1. Geografia. 2. Bacia Hidrográfica. 3. Fragilidade  
Ambiental Potencial. 4. Fragilidade Ambiental  
Emergente. 5. Geomorfologia. I. Moura, Nina Simone  
Vilaverde, orient. II. Título.

Guilherme Adams dos Santos

Análise das Fragilidades Ambientais da Bacia Hidrográfica do Tarumã, Municípios de  
Viamão e Alvorada – RS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
como requisito parcial à obtenção do título de  
Bacharel em Geografia no Departamento de  
Geografia da Universidade Federal do Rio  
Grande do Sul.

Orientadora: Nina Simone Vilaverde Moura

**Aprovado em:** Porto Alegre, 01 de Dezembro de 2021

BANCA EXAMINADORA

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Nina Simone Vilaverde Moura  
Departamento de Geografia/UFRGS

---

Prof. Dr. Luiz Fernando Mazzini Fontoura  
Departamento de Geografia/UFRGS

---

Prof. Dr. Marcos Wellausen Dias de Freitas  
Departamento de Geografia/UFRGS

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer e dedicar esta dissertação às seguintes pessoas e instituições:

Minha mãe, por ser minha conselheira, e sempre querer o meu melhor;

Meu pai, por sempre confiar no meu potencial e se interessar bastante pelas coisas que aprecio;

Meu irmão, por sempre me mostrar novidades, e pela dedicação naquilo que aprecia, servindo de exemplo;

Minha família em geral, da qual guardo diversas lembranças e momentos bons que passei em mais de duas décadas de vida;

Minha orientadora, Nina Simone Vilaverde Moura, a qual eu sempre admirei como educadora, pesquisadora e mulher forte, e me acolheu e compreendeu a pesquisa, proporcionando em grande parte o trabalho em questão;

Meus amigos do “Geopatrícios”, que sempre me ajudaram assim como eu os ajudei, a nos mantermos firmes nessa caminhada de graduação, compartilhando momentos de tensão, lazer e muita “sabedoria”;

Meus amigos que fiz, desfiz e refiz virtualmente, dos quais ouvi diversas experiências de vida que agregam à minha vivência;

Meus colegas e amigos da universidade, que sempre fizeram parte da caminhada e ofereceram diálogos na universidade e fora dela, e que espero reencontrar quando o tempo for mais compreensível

Aos professores do Instituto de Geociências e além, com os quais aprendi o necessário para cumprir este trabalho, e o necessário para pensar o espaço geográfico de maneira mais clara;

A UFRGS, que possibilitou um espaço digno de aprendizado e de variedade de experiências e opiniões, com profissionais excelentes.

Agradeço também a todos que de alguma forma cumpriram papel de referência na produção deste trabalho, os quais admiro pela persistência no ambiente científico e de pesquisa, deixando valiosos aprendizados para os que buscam conhecimento.

## RESUMO

Partindo de princípios e estudos envolvendo a Geomorfologia Urbana, se constata que o ser humano foi se desenvolvendo tecnicamente, e passou a agir sobre a natureza, comprometendo seus ciclos naturais. O estudo integrado dos componentes do “Estrato Geográfico” se utiliza de estudos e dados sobre hidrografia, topográfica, hipsometria, relevo, solo, declividade, cobertura vegetal para determinar a fragilidade ambiental de um local através de múltiplos cruzamentos e análises. Com este estudo, se cria a noção de relação dos componentes naturais e a inserção antrópica com o objetivo de se ordenar as práticas sociais. Com o objetivo de avaliar as Fragilidades Ambientais da Bacia Hidrográfica do Tarumã, localizada no noroeste do município de Viamão, RS, junto ao limite sudeste do município de Alvorada, RS, entre os paralelos 30°00’00” S e 30°03’24” S e os meridianos 51°03’36” W e 51°00’00” W, aplicou-se a metodologia proposta por Ross (1994) utilizando-se técnicas, dados e softwares de geoprocessamento. Como resultado, obteve-se que 56,73% da bacia apresenta fragilidade potencial alta, associada aos altos declives e formas de colinas, e 33,68% de fragilidade potencial baixa, associada aos solos hidromórficos em regiões planas à jusante da bacia. Também se tem como resultado que 93% da área total apresenta média a forte fragilidade ambiental emergente, corroborando para a idéia de uma bacia que tem mata nativa e proteção de matas ciliares, mas também de que há ocupação antrópica e uso de solo que pode apresentar riscos à expansão urbana. Verificou-se que trabalhos aplicados ao planejamento territorial de uma bacia hidrográfica mista (entre características urbanas/suburbanas e rurais), com o levantamento de dados do meio físico e social de forma interligada são úteis como assistência ao desenvolvimento sustentável. A análise das fragilidades ambientais potenciais e emergentes servem de apoio aos planejadores municipais, promovendo uma ótica conservacionista no gerenciamento do espaço antrópico/natural.

**Palavras-chave:** Bacia Hidrográfica, Fragilidade Ambiental, Expansão Urbana, Geoprocessamento, Geomorfologia

## ABSTRACT

Based on principles and studies involving Urban Geomorphology, it is stated that human beings developed technically, and started to act on nature, compromising its natural cycles. The integrated study of the components of the "Geographical Stratum" uses studies and data on hydrography, topography, hypsometry, relief, soil, slope and vegetation cover to determine the environmental fragility of a location through multiple crossings and analysis. With this study, the notion of relationship between natural components and anthropic insertion is created with the aim of ordering social practices. With the objective of evaluating the Environmental Weaknesses of the Tarumã Watershed, located in the northwest of the municipality of Viamão, RS, and along the southeastern limit of the municipality of Alvorada, RS, between the parallels 30°00'00" S / 30°03'24" S and 51°03'36" W / 51°00'00" W meridians, the methodology proposed by Ross (1994) was applied using geoprocessing techniques, data and software. As a result, it was found that 56.73% of the basin has high potential fragility, associated with high slopes and hilly shapes, and 33.68% of low potential fragility, associated with hydromorphic soils in flat regions downstream of the basin. It is also found that 93% of the total area presents medium to strong emerging environmental fragility, corroborating the idea of a basin that has native forest and riparian forest protection, but also that there is anthropogenic occupation and land use that can pose risks to urban expansion. It was found that scientific works applied to the territorial planning of a mixed watershed (between urban/suburban and rural characteristics), with the collection of data from the physical and social environment in an interconnected way, are useful as assistance to sustainable development. The analysis of potential and emerging environmental weaknesses support municipal planners, promoting a conservationist perspective in the management of anthropic/natural space.

**Keywords:** Watershed, Environmental Fragility, Urban Expansion, Geoprocessing, Geomorphology

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização das indústrias em relação à área de estudo .....	20
Figura 2: Área de expansão urbana entre as Vilas Piratini e Cocão, em 2006 (esquerda) e em 2021 (direita) .....	21
Figura 3: Localização da Área de Estudo .....	22
Figura 4: Representação de dados matriciais (Raster) e geométricos (Vetor).....	28
Figura 5: Mapa Topográfico (curvas de nível) e Rede de Drenagem .....	33
Figura 6: Esquema do cruzamento de mapas para a determinação da Fragilidade Ambiental Potencial. ....	40
Figura 7: Esquema do cruzamento dos mapas para a determinação da Fragilidade Ambiental .....	43
Figura 8: Localização na paisagem de solos encontrados na Bacia Hidrográfica do Tarumã .....	48
Figura 9: Normais climatológicas da precipitação, série histórica 1981-2010.....	50
Figura 10: Mapa Hipsométrico (Modelo Digital de Elevação) e Rede de Drenagem .....	52
Figura 11: Mapa Geomorfológico da Bacia Hidrográfica do Tarumã .....	54
Figura 12: Graus de Fragilidade do Mapa Geomorfológico da Bacia Hidrográfica do Tarumã .....	55
Figura 13: Mapa de Declividade da Bacia Hidrográfica do Tarumã .....	57
Figura 14: Graus de Fragilidade do Mapa de Declividade da Bacia Hidrográfica do Tarumã .....	58
Figura 15: Mapa Pedológico da Bacia Hidrográfica do Tarumã.....	61
Figura 16: Graus de Fragilidade do Mapa Pedológico da Bacia Hidrográfica do Tarumã .....	62
Figura 17: Mapa de Fragilidade Ambiental Potencial da Bacia Hidrográfica do Tarumã.....	65
Figura 18: Mapa de Uso e Ocupação do Solo da Bacia Hidrográfica do Tarumã .....	68
Figura 19: Mapa dos Graus de Proteção do Solo da Bacia Hidrográfica do Tarumã .....	69
Figura 20: Imagens de áreas urbanizadas e rurais que apresentam a vegetação arbustiva e a mata nativa nos bairros Tarumã e Centro Histórico, respectivamente. ....	70
Figura 21: Área de cultivo e campos manejados (à esquerda) e pequeno e raso lago (à direita) localizados ao longo da Av. Mendanha. ....	72
Figura 22: Áreas de Solo exposto, à esquerda, no bairro Piratini ao norte, à direita, em um loteamento sem nome, junto a madeira de reflorestamento. ....	73
Figura 23: Mapa da Fragilidade Ambiental Emergente da Bacia Hidrográfica do Tarumã .....	75

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Classes de Declividade .....	35
Tabela 2: Classes de Geomorfologia, de Fragilidade, Área e Porcentagem em relação à área da Bacia Hidrográfica do Tarumã.....	53
Tabela 3: Classes de Declividade, de Fragilidade, Área e Porcentagem em relação à área da Bacia Hidrográfica do Tarumã.....	56
Tabela 4: Unidades de Solos da Bacia Hidrográfica do Tarumã e arredores, Área, Porcentagem em relação à área da Bacia e respectivas Classes de Fragilidade.....	59
Tabela 5: Fragilidade Ambiental Potencial da Bacia Hidrográfica do Tarumã e suas respectivas áreas e porcentagem de abrangência. ....	63
Tabela 6: Usos e ocupação, área e porcentagem de abrangência na Bacia Hidrográfica do Tarumã. ....	67
Tabela 7: Proteção dos Solos da Bacia Hidrográfica do Tarumã, área de abrangência e porcentagem na área. ....	67
Tabela 8: Fragilidade Ambiental Emergente da Bacia Hidrográfica do Tarumã e suas respectivas áreas e porcentagem de abrangência. ....	74

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Classes de Fragilidade da Geomorfologia .....	34
Quadro 2: Classes de Fragilidade dos Solos .....	37
Quadro 3: Classificação do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) e classificação anterior.....	39
Quadro 4: Classes de Proteção da Cobertura Vegetal em relação ao Uso do Solo .....	42

# SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>12</b>
<b>1.1 Tema e Pergunta da Pesquisa</b> .....	<b>12</b>
<b>1.2 Objetivos</b> .....	<b>13</b>
1.2.1 <i>Objetivos Específicos</i> .....	14
<b>1.3 Justificativa</b> .....	<b>14</b>
<b>1.4 Localização e Histórico da Área de Estudo</b> .....	<b>16</b>
1.4.1 <i>Urbanização no Brasil</i> .....	16
1.4.2 <i>Região Metropolitana de Porto Alegre</i> .....	17
1.4.3 <i>Ocupação Urbana nos Municípios de Viamão e Alvorada</i> .....	18
1.4.4 <i>Localização da Área de Estudo</i> .....	21
<b>2. REVISÃO TEÓRICA</b> .....	<b>24</b>
2.1 <b>Estudo da Fragilidade Ambiental</b> .....	<b>24</b>
2.2 <b>Planejamento Ambiental e Urbano em Bacias Hidrográficas</b> .....	<b>25</b>
2.3 <b>Geoprocessamento e SIG aplicado ao Planejamento Ambiental</b> .....	<b>27</b>
<b>3- METODOLOGIA</b> .....	<b>30</b>
3.1 <b>Materiais</b> .....	<b>30</b>
3.2 <b>Procedimentos Metodológicos e Operacionais</b> .....	<b>31</b>
3.2.1 <i>Mapa Topográfico e Hidrográfico</i> .....	32
3.2.2 <i>Mapa de Formas e Padrões Geomorfológicos</i> .....	34
3.2.3 <i>Mapa de Declividade</i> .....	35
3.2.4 <i>Mapa dos Solos</i> .....	36
3.2.5 <i>Mapa de Fragilidade Ambiental Potencial</i> .....	40
3.2.6 <i>Mapa de Uso e Cobertura dos Solos</i> .....	40
3.2.7 <i>Mapa de Fragilidade Ambiental Emergente</i> .....	43
3.2.8 <i>Análise de Campo</i> .....	44
<b>4- CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO</b> .....	<b>45</b>
4.1 <b>Características Geológicas, Geomorfológicas e Pedológicas</b> .....	<b>45</b>

4.2 Características Climáticas e da Cobertura Vegetal .....	48
<b>5- ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS .....</b>	<b>51</b>
5.1 Mapa Hipsométrico.....	51
5.2 Mapa de Formas e Padrões Geomorfológicos .....	53
5.3 Mapa de Declividade e Classes de Fragilidade .....	56
5.4 Mapa das Unidades dos Solos e Classes de Fragilidade .....	59
5.5 Mapa de Fragilidade Ambiental Potencial.....	63
5.6 Mapa de Uso e Ocupação do Solo e Classes de Fragilidade .....	66
5.7 Mapa de Fragilidade Ambiental Emergente .....	73
<b>6- CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>77</b>
<b>7- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>79</b>

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1 Tema e Pergunta da Pesquisa

Partindo do pressuposto da Teoria Geral dos Sistemas (BERTALANFFY, 1977), em que a natureza e suas trocas de energia ocorrem de forma dinâmica, o homem, como ser biológico e social, integra esse sistema. Esse estudo tem como princípio a ação do homem sobre seu território que, à medida que foi avançando tecnicamente passou a alterar ou intensificar os processos naturais.

O homem procura entender a natureza ao seu redor para poder extrair seus recursos, e um planejamento ambiental do local é de grande relevância para se manter o equilíbrio na área. Logo, o presente trabalho se justifica através do estudo da fragilidade ambiental, que aponta locais de maior suscetibilidade à desastres naturais, para que a gestão de determinado local traga propostas de desenvolvimento sustentável e evite a degradação do ambiente.

Constatar a fragilidade ambiental de uma bacia significa avaliar, inicialmente por meio de análises isoladas de parâmetros das condições físicas relevantes, o ambiente em estudo. Então, se avalia a intensidade com que este ambiente pode ser aproveitado sem perturbar sua dinâmica e seu equilíbrio, tendo em conta as limitações a ele impostas por meio dos elementos naturais e antrópicos.

A concepção de bacia hidrográfica como unidade de estudo está vigorosamente conexas aos projetos de planejamento e conservação ambiental, segundo GUERRA (1999). Neste contexto, é crucial entender as condições físicas da bacia, além do processo de ocupação da área, com o intuito de identificar a dinâmica da bacia, sua fragilidade e o grau de degradação em que se encontra o ambiente, e assim propor ações para a prevenção da degradação na perspectiva de um desenvolvimento sustentável.

A necessidade de se elaborar um mapeamento da fragilidade ambiental de bacias hidrográficas se relaciona com fundamentos de conservação e desenvolvimento

sustentável, uma vez que ambos propõem o uso do meio de modo a preservar suas particularidades.

ROSS (1994) se destaca por propor procedimentos operacionais para análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais. Ele indica que os estudos de um determinado território necessitam do entendimento do ambiente natural e como ele funciona, com ou sem a intervenção antrópica. Logo, estende a compreensão do zoneamento ambiental (e então de sua fragilidade) como uma síntese das características e dinâmica do ambiente natural, junto do meio socioeconômico, buscando então a incorporação de diversas disciplinas científicas. Uma síntese, então, do conhecimento acerca da realidade pesquisada.

No trabalho “Sensoriamento remoto e SIG aplicados à avaliação da fragilidade ambiental de bacia hidrográfica” Bacani et al (2015) utilizam a metodologia adaptada de Ross (1994) para definir classes de fragilidade, resgatando a concepção de Unidades Ecodinâmicas de Tricart (1977), a qual sustenta a referida proposta de Ross (1994). Nesse trabalho foi realizada uma análise temporal que evidenciou um significativo aumento da fragilidade ambiental associada à atividade da pecuária, além de se tornar um instrumento para se ordenar a área rural na bacia hidrográfica do Alto Rio Coxim.

No estudo realizado no município de Cambará do Sul foram sintetizados os mapas de fragilidade ambiental potencial e emergente através do cruzamento de mapas de solos, uso do solo/cobertura vegetal e declividade. Com este resultado, a dissertação se constitui num subsídio essencial para um futuro planejamento territorial do município, pois possibilita a realização de um zoneamento que proverá mais atenção para as áreas que apresentam média e forte fragilidade, e medidas de preservação para as áreas com muito fraca/fraca fragilidade ambiental (MOREIRA, 2013)

## **1.2 Objetivos**

Esse trabalho tem como objetivo principal produzir mapas das potencialidades e fragilidades ambientais da bacia hidrográfica do Tarumã, localizado nos municípios de

Viamão e Alvorada, buscando dar suporte às ações de planejamento adequado, considerando os diferentes tipos de uso do solo.

### **1.2.1 Objetivos Específicos**

Para atingir o objetivo principal é necessário alcançar alguns objetivos mais específicos que são:

a) caracterizar em escala regional os elementos naturais (topografia, drenagem, geomorfologia, geologia, pedologia, declividade) e antrópicos (uso do solo e cobertura vegetal) da área de estudo;

b) confeccionar mapas temáticos, representando as características das formas de relevo, dos solos, da declividade e do uso do solo da bacia hidrográfica do Tarumã;

c) elaborar mapa das fragilidades ambientais potenciais e emergentes através do cruzamento dos mapas temáticos elaborados.

### **1.3 Justificativa**

A Região Metropolitana de Porto Alegre (RMPA), onde se localizam os municípios de Alvorada e Viamão, se caracteriza, como outras Regiões Metropolitanas, numa área composta por um núcleo urbano densamente povoado, e outras áreas menos povoadas ao redor, e apresentam alguns setores com características rurais. Apesar de periférica na rede urbana nacional (que tem Rio de Janeiro e São Paulo como maiores destaques, com Brasília adquirindo um status de centralidade), a RMPA concentra 4,25% do PIB nacional e 4,60% do PIB industrial brasileiro, contendo 6 milhões de habitantes (SOARES, 2015, p. 46)

Na bacia hidrográfica de Tarumã, que se situa dentro da RMPA, pode-se afirmar que os municípios de Viamão e Alvorada são distintos, segundo Martins (1992 *apud* Ricardo, 1971) quanto ao processo de desenvolvimento. Viamão é um aglomerado com pouca dinâmica para um desenvolvimento próprio, mas que teve seu crescimento baseado na força de indução das cidades próximas, criando-se um apêndice (de Porto Alegre, neste caso), que é baseado na rodovia RS-040 e as vilas, loteamentos e bairros que se conectam à esta. Já Alvorada, mais ao norte da bacia, é um aglomerado que foi totalmente induzido por cidades existentes e tem suas funções orientadas como se fosse uma continuação de Porto Alegre. Também segundo os mesmos autores, estes dois municípios, em tipo de função e processo de desenvolvimento pertencem ao “setor leste”, que, apesar de ter algumas discrepâncias entre si, tem em comum mercados de trabalho em direção a capital, fazendo com que sejam consideradas, em maior ou menor proporção, cidades dormitórios.

Sendo Porto Alegre o município mais desenvolvido da região, há poucas oportunidades de crescimento, e a tendência é a de desindustrialização e migração de mão de obra para outras cidades, dentro e fora da região metropolitana. Enquanto isso, em Alvorada e Viamão, a tendência é de crescimento, segundo Barcellos (2002). O incremento populacional destes municípios é notável entre 1991 e 2000, com Viamão tendo 3,34% a. a. e Alvorada com um ritmo de crescimento elevado considerando a média da região metropolitana, de 1,69%.

Por se tratar de uma área entre duas cidades em crescimento, e vizinhas da capital do estado e centro econômico da RMPA, a Bacia Hidrográfica do Tarumã, como designado pela equipe técnica que produziu o mapa hidrográfico do município de Viamão, é uma área potencial para investimentos imobiliários e expansão urbana, dado o histórico de planejamentos de condomínios horizontais em Viamão, e a ocupação e crescimento populacional nos municípios.

De acordo com Forman (1995 *apud* VALÉRIO-FILHO, 2003, p. 1977), o uso sustentável do ambiente que se baseia em uma dinâmica de transformação ambiental ao longo do tempo é um dos maiores desafios do planejamento de uso do solo. Logo, os produtos de sensoriamento remoto e a ferramenta dos SIGs são essenciais para contribuir com a transformação de áreas como as bacias hidrográficas que, neste caso

em estudo, é uma bacia com alto potencial de urbanização e alto grau de impermeabilização.

## **1.4 Localização e Histórico da Área de Estudo**

### **1.4.1 Urbanização no Brasil**

A urbanização brasileira se caracterizou pela forte concentração espacial e um veloz ritmo da expansão urbana. A partir da década de 1950, os países capitalistas industrializados se aperfeiçoaram tecnicamente e a urbanização passou a acompanhar essa expansão de forma rápida.

Na era mais moderna da urbanização, designada de período técnico-científico informacional (SANTOS, 1994), aconteceram largas evoluções de infraestrutura e de serviços, favorecendo a vivência nas cidades, apesar de serem evoluções que favoreçam os com maior poder econômico. Contudo, a rápida, espontânea e incontrolável expansão das grandes cidades, ocasionou o aumento das periferias – muitas vezes impróprias para moradias – gerando uma pressão em cima do meio natural, com significativo decréscimo da qualidade de vida, acima de tudo nas áreas urbanas. A qualidade de vida, estreitamente ligada ao tema ambiental, depende da disponibilidade de um planejamento territorial para equilibrar a preservação do meio ambiente e o bem-estar da população. Depende também de leis orgânicas e planos diretores que possibilizem uma boa gestão dos espaços urbanos e da natureza desses centros (FUJIMOTO, 2000).

### **1.4.2 Região Metropolitana de Porto Alegre**

O Município de Porto Alegre, capital do estado do Rio Grande do Sul, concentrou grandes contingentes de pequenas e médias indústrias ao longo do tempo. Em 1970, com o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano, Porto Alegre foi zoneada, e áreas mais afastadas do seu centro urbano começaram a receber investimentos que foram fundamentais para se criar a necessidade de ações conjuntas de planejamento com os municípios vizinhos. Proporcionou-se então, infraestrutura para a denominação de cidades dormitórias, em municípios que foram recebendo cada vez mais um contingente populacional, caracterizando-se como uma dinâmica de migração pendular.

A Região Metropolitana de Porto Alegre conta com uma população total de 4.032.062 habitantes, sendo que desse total 3.908.133 habitantes residem na área urbana, contando assim com uma taxa de 97% de urbanização (IBGE, 2010) Um dos principais eixos de expansão urbana e populacional da metrópole, o leste-oeste, abrange os municípios de Gravataí, Cachoeirinha, Alvorada e Viamão, correspondendo dessa forma, a 20,06% da população total.

Ao mesmo tempo que as cidades cresceram em função deste planejamento e industrialização, surgiram núcleos carentes. A população passou a se aglomerar nas periferias das cidades, em lugares sem infraestrutura social e urbana, causando assim uma disparidade econômica entre uma Vila/Bairro e outra na mesma cidade.

Sem um planejamento correto para o uso e ocupação do solo, as comunidades carentes se fixam muitas vezes em áreas impróprias, então ficam privadas de segurança, vias de transporte adequadas e infraestrutura básica, à medida em que aumenta a necessidade de intervenção do poder público municipal para a resolução desses problemas.

### 1.4.3 Ocupação Urbana nos Municípios de Viamão e Alvorada

A ocupação urbana do município de Viamão se deu historicamente no eixo da sua rodovia principal, a RS-040, onde se localiza a maior parte de sua população, que é 93,97% urbana. Esta rodovia é de uso essencial tanto para a migração pendular de trabalhadores, como para a migração sazonal para municípios no litoral do Estado, o que provoca a concentração e expansão de serviços ao longo da rodovia. Desde 1950, a cidade se vê envolvida nas relações da RMPA, porém sem o forte surgimento da indústria e ferrovias presentes em outras cidades, visto que os municípios a sul de Porto Alegre, além da Lagoa dos Patos, estavam fora da rota de circulação de mercadorias. Logo, Viamão passou a abrigar o contingente populacional que buscava emprego na metrópole e não podia pagar moradia nas cidades industriais (FUJIMOTO, 2000).

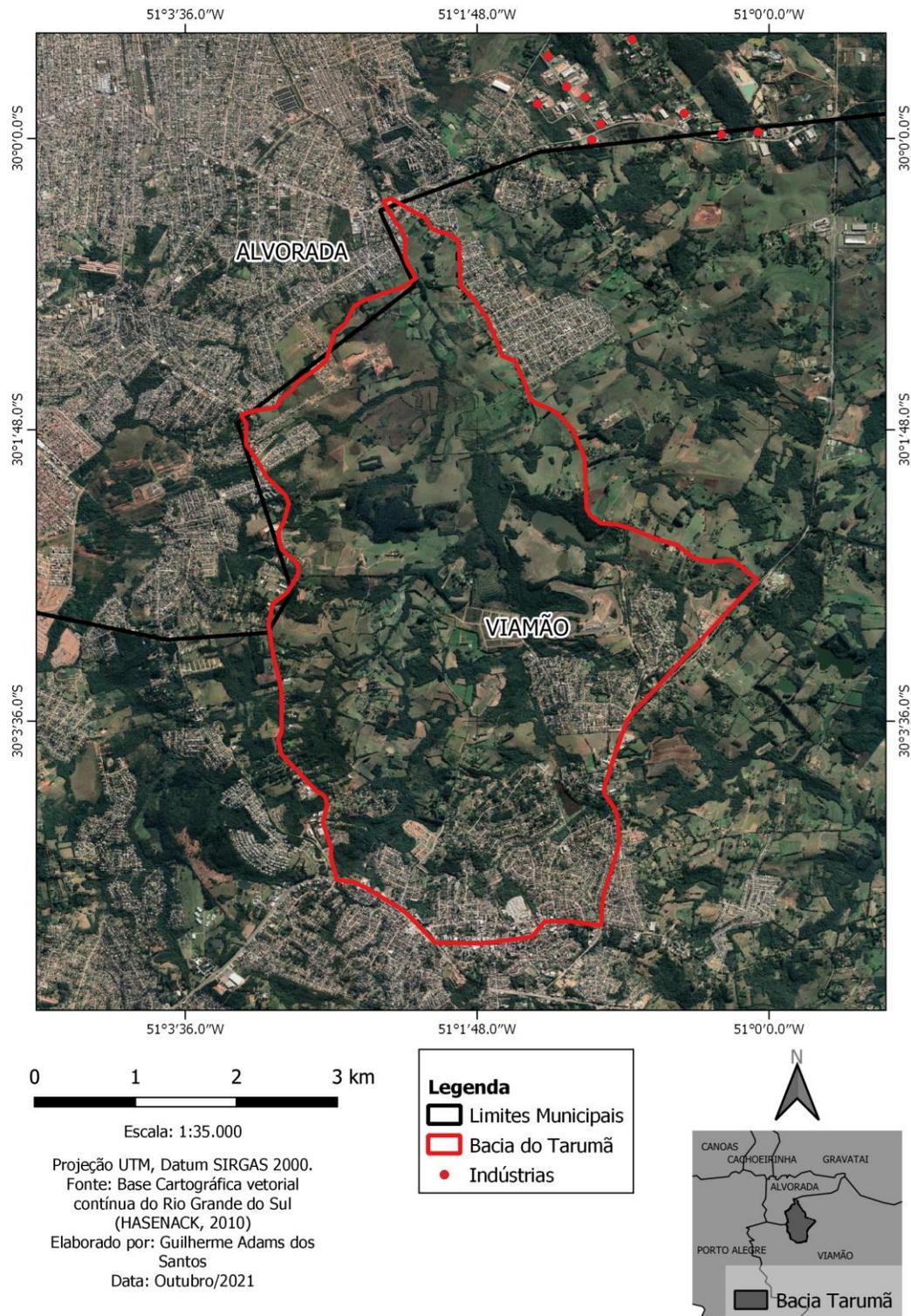
Atualmente, se considera que o distrito industrial de Alvorada também faz parte de Viamão (nomeado ocasionalmente de DIAV – Distrito Industrial Alvorada-Viamão), e está em expansão, para a instalação de grandes empreendimentos, segundo o Plano Diretor de Viamão instituído pela Lei nº 4154/13. Este, em seu artigo 39, Incisos II e XXIII, denota a necessidade de possibilitar infraestrutura para implantação de indústrias, agregando mais empresas junto às existentes (Figura 1), para a concretização de uma política de desenvolvimento econômico. A gestão municipal tem medido esforços desde 2014 para implantação de condomínios industriais através de iniciativa privada, devido à forte ocupação de outros bairros industriais presentes (VIAMÃO, 2014)

Segundo Chaves, Viamão é:

uma cidade predominantemente dormitório e movimenta pouca renda, o que prioriza o destino de verbas para realização de obras básicas, não investindo na contratação de pessoal especializado para a realização de diagnósticos necessários para um planejamento integrado, fator importante para planejar o desenvolvimento do município. (CHAVES, 2001 apud Silva Filho, 2017)

Isto pode ser observado com o descarte do lixo de forma inadequado e as ocupações precárias ao longo de alguns cursos d'água no município, fragmentando habitats naturais da flora do local e aumentando o risco de extinção das espécies.

O município de Alvorada era conhecido como Distrito Passo do Feijó, quando fazia parte do município de Viamão até 1965. Cresceu naturalmente ao longo da Av. Pres. Getúlio Vargas, após a emancipação do município agora vizinho. Com o advento do Banco Nacional da Habitação, um grande volume de recursos redirecionou o crescimento da cidade (IBGE, sem data), e grandes núcleos habitacionais foram projetados e alguns realizados, incluindo a consequente criação de um próprio distrito industrial. Hoje em dia, a população de quase 200.000 habitantes é 100% urbana, em taxa positiva de crescimento, o que pode indicar o esgotamento futuro dos locais de moradia do município, iniciando assim, um processo de ocupação urbana em direção à Viamão, como observado nas vilas do Cocão e Piratini (Figura 2)



**Figura 1:** Localização das indústrias em relação à área de estudo  
 Fonte: Google; DigitalGlobe (2021)



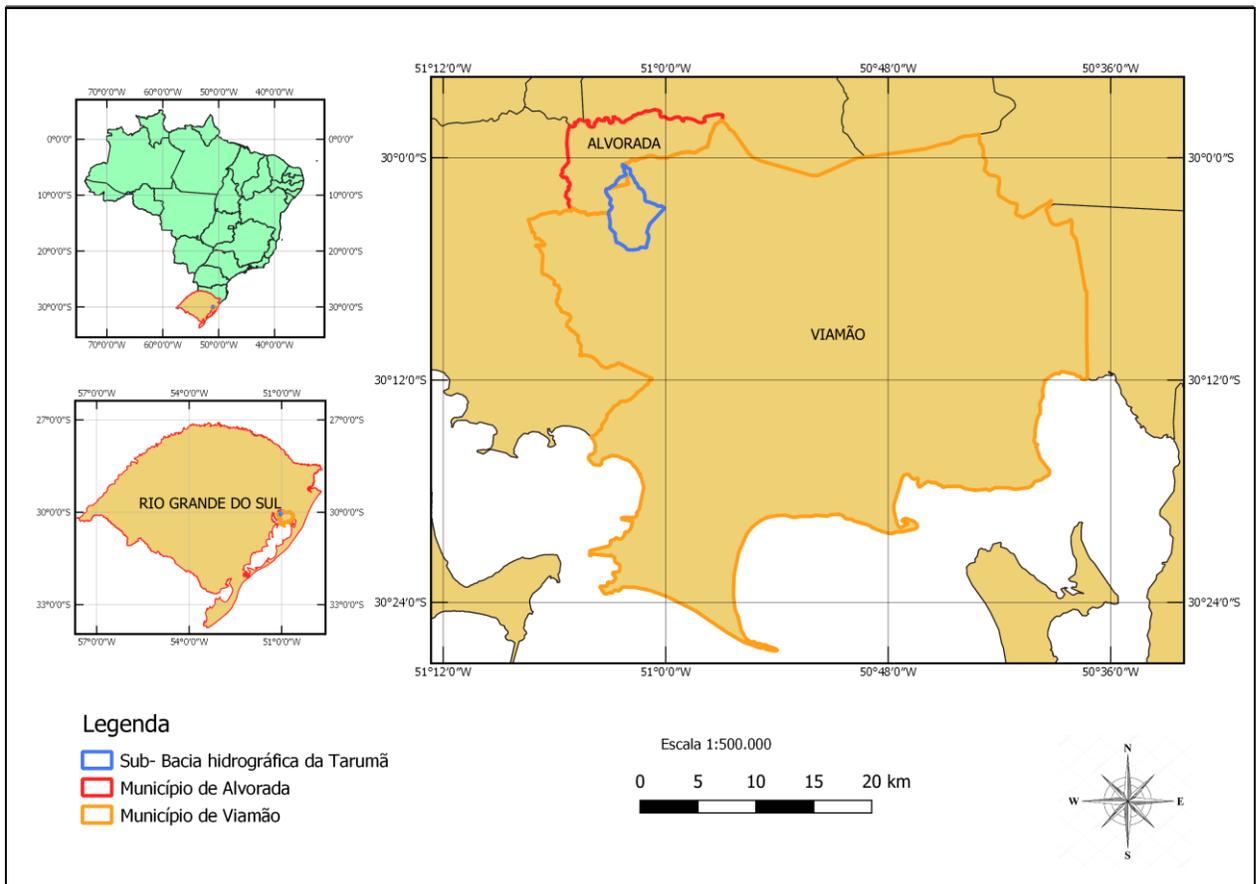
**Figura 2:** Área de expansão urbana entre as Vilas Piratini e Cocão, em 2006 (esquerda) e em 2021 (direita)

**Fonte:** Google; DigitalGlobe; (2021)

#### 1.4.4 Localização da Área de Estudo

A área do presente estudo refere-se a Bacia Hidrográfica do Tarumã, pertencente a bacia hidrográfica do Rio Gravataí, que tem 96% da sua área localizada em Viamão, e o restante no município de Alvorada. Compreende uma superfície aproximada de 22,85 km<sup>2</sup>. A bacia encontra-se na região noroeste de Viamão, aproximadamente entre os paralelos 30°00'00''S e 30°06'00''S, e os meridianos 51°06'00''W e 51°00'00''W (Figura 3), onde os canais intermitentes e o arroio Águas Belas (perene) drenam a água em direção ao norte, na bacia do Rio Gravataí, pelo município de Alvorada, de características urbano-rurais, ou seja, com pequenos loteamentos urbanos e pequenas propriedades rurais.

A Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí, como um todo, apresenta características de ocupação bem diversas, com uma região de forte atividade agropecuária na região dos banhados Grande e dos Pachecos, e outra região no curso mais inferior do rio, com uso urbano e industrial, com alta densidade populacional (GUASSELI et al, 2018)



**Figura 3:** Localização da Área de Estudo

**Fonte:** Prefeitura de Viamão (2017) e IBGE (2010)

A bacia tem parte das suas nascentes localizadas perto de áreas urbanas e de vias importantes como a Estrada Assis Brasil, a RS-040 e a RS-118. A área da bacia se localiza no Distrito Sede de Viamão e Alvorada. Viamão também faz parte das Bacias do Litoral Médio e do Guaíba, adjacentes à Bacia do Gravataí.

Em Alvorada, a bacia se localiza em uma parte do bairro Piratini, com vias urbanas que não possuem pavimentação, condições de moradia precárias e áreas sem ocupação urbana. Ocupa uma área onde antes se localizava uma lagoa, que por

imagens de satélite recentes, foi possível constatar seu assoreamento, ficando o arroio intermitente à montante sem conexão com o resto da drenagem da bacia na superfície.

Em Viamão, a bacia se localiza em uma parte do Centro Histórico e nas localidades dos bairros Mendanha, Tarumã, Jardim Itapema e Cocão. Lugares de destaque que ocupam a área da bacia são o Autódromo de Tarumã, inaugurado em 1949, e o condomínio planejado Vivare, ao longo da Av. Mendanha.

## 2. REVISÃO TEÓRICA

### 2.1 Estudo da Fragilidade Ambiental

Os sistemas naturais foram definidos por Tricart (1977) como “um conjunto de fenômenos que se processam mediante fluxos de matéria e energia em equilíbrio dinâmico, com relações de dependência mútua entre os seus componentes”. Porém, este equilíbrio é constantemente alterado por intervenções humanas, causando instabilidades morfodinâmicas. Entender estas instabilidades é o que justifica a necessidade de uma melhor administração e ordenamento do território, a partir de um Planejamento Físico Territorial, não apenas através de uma perspectiva social e econômica, mas, acima de tudo ambiental (ROSS, 1994).

As Unidades Ecodinâmicas propostas por Tricart (1977) foram identificadas e separadas em três classes denominadas: meios estáveis, meios intergrades e meios fortemente instáveis. Os Meios Estáveis são os que apresentam equilíbrio natural sem modificação humana, onde processos pedogênicos atuam mais fortemente do que os morfogenéticos. Os Meios Intergrades são aqueles em transição gradual de estável para instável. Já os Meios Fortemente Instáveis são os que sofreram algum impacto antrópico, aonde os processos morfogenéticos agem mais intensamente do que os pedogenéticos (TRICART, 1977, p. 35). Tricart se baseia no conceito e aplicabilidade da morfodinâmica para criar estas unidades, o que constitui uma abordagem conceitual voltada para a análise do conjunto de processos interligados responsáveis pela gênese e evolução do modelado.

Ross (1994), com base na proposta de análise das unidades de Tricart, desenvolveu classificações que pudessem ser mais bem utilizadas como base em Planejamento Ambiental, estabelecendo as Unidades Ecodinâmicas Estáveis ou de Instabilidade Potencial e Unidades Ecodinâmicas Instáveis ou de Instabilidade Emergente.

As Unidades Ecodinâmicas Estáveis são as que possuem algum grau de instabilidade em função de suas características naturais e seu potencial. Já as Unidades Ecodinâmicas Instáveis são aquelas que, aliadas a fragilidade potencial natural, sofrem degradação diante da influência antrópica, ou seja, as que são emergentes em fragilidade.

Está incluso no conceito de fragilidade ambiental dois termos importantes: a fragilidade potencial e a fragilidade emergente. A fragilidade potencial de uma determinada área é conceituada como sendo a suscetibilidade natural de um ambiente em função de suas características físicas, como a declividade e o tipo de solo, enquanto a fragilidade emergente além de contemplar as características físicas, considera também os graus de proteção dos diversos tipos de uso de solo e cobertura vegetal.

Além da metodologia de Ross (1994), existem outras metodologias para determinar potenciais riscos ambientais, como o modelo proposto por Crepani et al. (2001), que apresenta maneiras diferentes de se ponderar a importância de variáveis. Estes métodos, apesar de populares no país, apresentam uma falta de influência de outras variáveis que modificariam os modelos, como o tipo de rocha e o regime de chuvas, além de pouca importância técnica dos solos e uso da terra. O relevo apresenta uma importância muito superior às demais variáveis para definir o grau de fragilidade (SPÖRL, 2007), tornando assim, as variáveis externas ao processo de sobreposição dos mapas, ferramentas auxiliares.

## **2.2 Planejamento Ambiental e Urbano em Bacias Hidrográficas**

A bacia hidrográfica pode ser conceituada como uma “área de captação natural de água da precipitação que faz convergir os escoamentos para um único ponto de saída, seu exutório” (SILVEIRA, 1997), diferenciando-se do conceito de rede de drenagem ou rede hidrográfica, que são os sistemas naturais ou antrópicos conectados

que drenam a água da precipitação, independentes da delimitação de área da bacia hidrográfica.

Além do aspecto ambiental, uma bacia hidrográfica tem aspectos humanos que a modificam e a torna um local de estudo importante para a Geografia. Bertrand (1972), ao criar o conceito de geossistemas, desenvolveu uma abordagem de estudo quanto à dinâmica dos aspectos naturais e o aspecto antrópico que modifica esse sistema. Sobre a bacia como geossistema, De Lima (2010, p.175) diz:

Como os limites de uma bacia determinam os limites do sistema (ou subsistema) a ação humana somente vai ser considerada enquanto interagir dentro daqueles limites; o elemento humano e suas ações têm que ser passíveis de mapeamento. Os fluxos de energia gerados por esse elemento humano estão, no caso, no mesmo nível dos fluxos gerados entre elementos naturais.

As bacias hidrográficas são unidades espaciais definidas, sendo compostas pelo solo, água, vegetação, fauna entre outros, em permanente dinâmica e interação, logo, são excelentes áreas para estudos, que permitem análises específicas que afetam todo o ecossistema circundante. Por esse motivo, em 1997 foi instituída a Política Nacional de Recursos Hídricos, pela Lei Nº 9433 de 8 de janeiro de 1997, e criado o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos – SINGREH, incorporando princípios de normas para a gestão de recursos hídricos e adotando a definição de bacias hidrográficas como unidade de planejamento e gestão. (BRASIL, 2007)

O Código Florestal definiu as áreas de preservação permanente, protegendo de forma indireta, a quantidade e a qualidade das águas ao determinar a preservação das florestas e das matas ciliares situadas ao longo de cursos de água, nascentes, lagos, lagoas ou reservatórios (BRASIL, 2007, p. 79).

A compreensão e a consistência do conceito de bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão, passou a ser ampliado, mobilizando o governo federal na criação de novos instrumentos legais que permitissem o aprimoramento da gestão dos recursos hídricos, e foi nos anos 1980 que ocorreram os principais avanços no que se refere à estruturação da área de meio ambiente (BRASIL, 2007, p. 82).

Botelho (1999) demonstra algumas vantagens que as sub-bacias hidrográficas, subdivisões de uma bacia hidrográfica maior, tem em comparação com outros tipos de unidades de planejamento, delimitadas por atributos político-administrativos, por exemplo, para o planejamento ambiental, visto que a subdivisão por sub-bacias tem sua delimitação baseada em critérios geomorfológicos.

A gestão de bacias hidrográficas envolve também o processo crescente de urbanização em volta de capitais e outras grandes cidades brasileiras. Entre canalizações, tamponamentos, secagens e outras ações sob os corpos hídricos de uma bacia, são típicas intervenções urbanas feitas em prol do avanço da ocupação humana.

Gouveia & Rodrigues (2017) apresentam, por exemplo, que a bacia hidrográfica do Rio Tamanduateí em São Paulo, cidade mais populosa do país, é uma bacia que necessita de estudo de resgate cartográfico da configuração geomorfológica pré-urbana da área estudada, para se identificar as mudanças morfológicas antrópicas, visando avaliá-las nos balanços, frequência e magnitude de processos hidrogeomorfológicos.

### **2.3 Geoprocessamento e SIG aplicado ao Planejamento Ambiental**

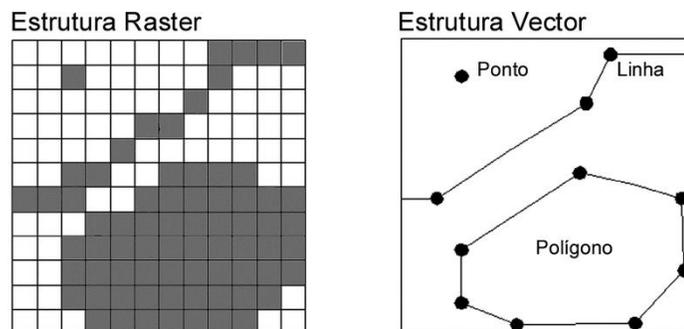
O termo Sistema de Informações Geográficas (SIG) é aplicado para sistemas que realizam o tratamento computacional de dados geográficos. Apresenta ampla gama de aplicações, englobando projetos nas áreas de agricultura, floresta, cartografia, entre outros. De acordo com Câmara (1995), há pelo menos três grandes maneiras de utilizar um SIG: como ferramenta para produção de mapas; como suporte para análise espacial de fenômenos; como banco de dados geográficos, com funções de armazenamento e recuperação de informação espacial.

As análises espaciais são essenciais para a resolução de problemas na gestão do ambiente, devido a sua ampla gama de maneiras de exibir dados espaciais. Para isso, deve-se ter em conta a natureza das operações em computador e compreender a complexidade da lógica-matemática do Geoprocessamento e, dispor de metodologias

que estejam além dos números no banco de dados geográfico, que capturem a dinâmica e interação dos processos espaciais.

Dessa maneira, os SIG são essenciais para o planejamento ambiental-territorial, já que permitem a integração de informações coletadas de diversas fontes, podendo ser cruzadas, interpoladas para obtenção dos resultados, facilitando assim a tomada de decisões (SADECK, 2009). Também permite a rápida geração de informações intermediárias e finais, além da inclusão de variáveis anteriormente não pensadas, visto que possibilita novas interações a qualquer momento (DONHA et al, 2006).

Nos Sistemas de Informações Geográficas, é possível consultar e criar banco de dados geográficos para análises específicas, e que contém dados vetoriais (dados geométricos) e dados *rasters* (dados celulares/matriciais). Segundo Câmara (1995), enquanto os dados vetoriais se referem a elementos do mundo real com forma representada por geometria (pontos, linhas e polígonos), os dados *rasters* são formados por uma matriz de pixels, células que tem um valor individual que representa a condição da área coberta pela célula (Figura 4). Os dados geométricos são representados por elementos como pontos coordenados, distâncias e áreas, agrupados em *layers* (camadas). Estas camadas vetoriais têm, como pano de fundo, os dados raster, para retratar idéias mais abstratas e a superfície do mundo real além de pontos, linhas e polígonos. Com a junção destes, os programas SIG apresentam, junto do processo de georreferenciamento (informação posicional do local) a ferramenta essencial para o planejamento ambiental.



**Figura 4:** Representação de dados matriciais (Raster) e geométricos (Vector)

**Fonte:** Saboya (2000)

Os estudos de mapeamento temático visando o cruzamento de dados ainda são bastante deficientes no Brasil, aonde levantamentos geomorfológicos, pedológicos, geológicos e de cobertura vegetal são amplamente disponíveis em escalas menos detalhadas (Câmara, 1995). Em contrapartida, há uma quantidade pequena de estudos mais detalhados, que muitas vezes são esparsos, dificultando uma centralização e ampliação de dados detalhados disponíveis, necessitando-se investimento de fundações, empresas privadas e estatais para se cumprir esse objetivo.

No caso de cruzamento de dados de uma bacia, ou seja, relevo, declividade, classes de solos e seu uso de terras, as informações podem gerar outros resultados que atendem objetivos diversos. Um mapa de fragilidade potencial, feito por cruzamento de outros mapas em SIG, pode ser utilizado para planejamento municipal, gestão dos recursos naturais, realocação de moradias em perigo, preservação da flora e fauna local etc.

A análise multicritério, uma técnica quali-quantitativa para tomada de decisão, é também uma ferramenta essencial no uso do SIG para se confeccionar cartas de fragilidade ambiental. Ela é uma técnica que permite com que uma decisão (produto) seja pautada com base nos critérios considerados relevantes para o problema em questão. No caso de políticas públicas, é como a formação de uma agenda de prioridades de cada órgão governamental, que deve ser produzida optando por dar mais importância a certas questões sociais e estratégias de intervenção (JANUZZI et al, 2009). No caso dos SIG, e da fragilidade ambiental, o desafio é adaptar metodologias e estabelecer o peso (importância) de cada categoria e mapa a ser cruzado.

### 3- METODOLOGIA

#### 3.1 Materiais

O trabalho proposto utiliza estudos geomorfológicos, geológicos, pedológicos e de uso e ocupação de terra produzidos a partir de levantamento bibliográfico de materiais em âmbito regional da área de estudo. Utiliza também documentações cartográficas do município de Viamão, principalmente. Os materiais de apoio utilizados para a confecção dos mapas foram:

- Base cartográfica vetorial contínua do Rio Grande do Sul (HASENACK & WEBER, 2010), dados dos municípios de Porto Alegre e Viamão, elementos da altimetria (pontos cotados e curvas de nível), hidrografia, limites municipais e estadual, em meio digital.
- Mapa Geomorfológico dos municípios de Porto Alegre, Viamão e Alvorada escala 1:50.000, disponibilizados pelo Laboratório de Geografia Física do Departamento de Geografia da UFRGS;
- Dados digitais de Geologia disponibilizados pela CPRM através do Serviço Geológico do Brasil em âmbito estadual (2013)
- Modelo Digital de Elevação por meio de imagem do *dataset ALOS PALSAR*, adquirido por meio do *Alaska Satellite Facility*, do ano de 2011;
- Dados digitais geoambientais da Bacia do Rio Gravataí (RS) (WEBER & HASENACK, 2013)
- Recortes de imagem do banco de imagens da *Google/DigitalGlobe 2021*, através de ferramentas e aplicativos SIG;
- Aplicativos de Sistema de Informações Geográficas *ArcGIS 9.2* e *QG/S 3.10*, utilizados para a sobreposição dos planos de informação, análises espaciais, confecção e edição dos mapas;

- Aplicativos *Word* e *Excel* do *Microsoft Office 2016*, para a elaboração dos textos e tabelas;
- Câmera fotográfica de aparelho móvel.

### **3.2 Procedimentos Metodológicos e Operacionais**

Para a execução foram utilizadas bases cartográficas de geomorfologia, geologia e clima, junto com outras cartas no processo de cruzamento, como dados complementares das dinâmicas morfogenéticas (ROSS, 1994).

A elaboração de mapas temáticos dos componentes de geomorfologia, declividade, solos e uso/cobertura vegetal, são essenciais para a análise da fragilidade ambiental. O reconhecimento dos dados essenciais e complementares, como potencialidades do ambiente e elementos físico-bióticos, permitiu a execução dos procedimentos para análise das fragilidades ambientais da bacia hidrográfica do Tarumã.

Utilizou-se também a base cartográfica vetorial contínua do Rio Grande do Sul (HASENACK & WEBER, 2010), como base de cartas topográficas, as quais se obtém as curvas de nível, a rede de drenagem e os limites municipais e estadual.

Com todas estas informações analisadas de forma integrada, é feito um produto síntese do local de estudo, que demonstra os diferentes graus de fragilidade que este tem, em função de suas características morfogenéticas e alterações antrópicas (ROSS, 1994). Este produto síntese será fruto da metodologia adaptada de Ross, que é uma das várias metodologias disponíveis para a análise da dinâmica da fragilidade ambiental. Ela exige a utilização e produção de produtos cartográficos temáticos de geomorfologia, geologia, pedologia, climatologia e uso da terra/vegetação para se chegar a um diagnóstico das diferentes categorias hierárquicas da fragilidade dos ambientes naturais.

Silva (2016) comparou em sua tese esta metodologia e a de Crepani et al (1996) na abordagem da fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do Rio Gravataí (RS), e

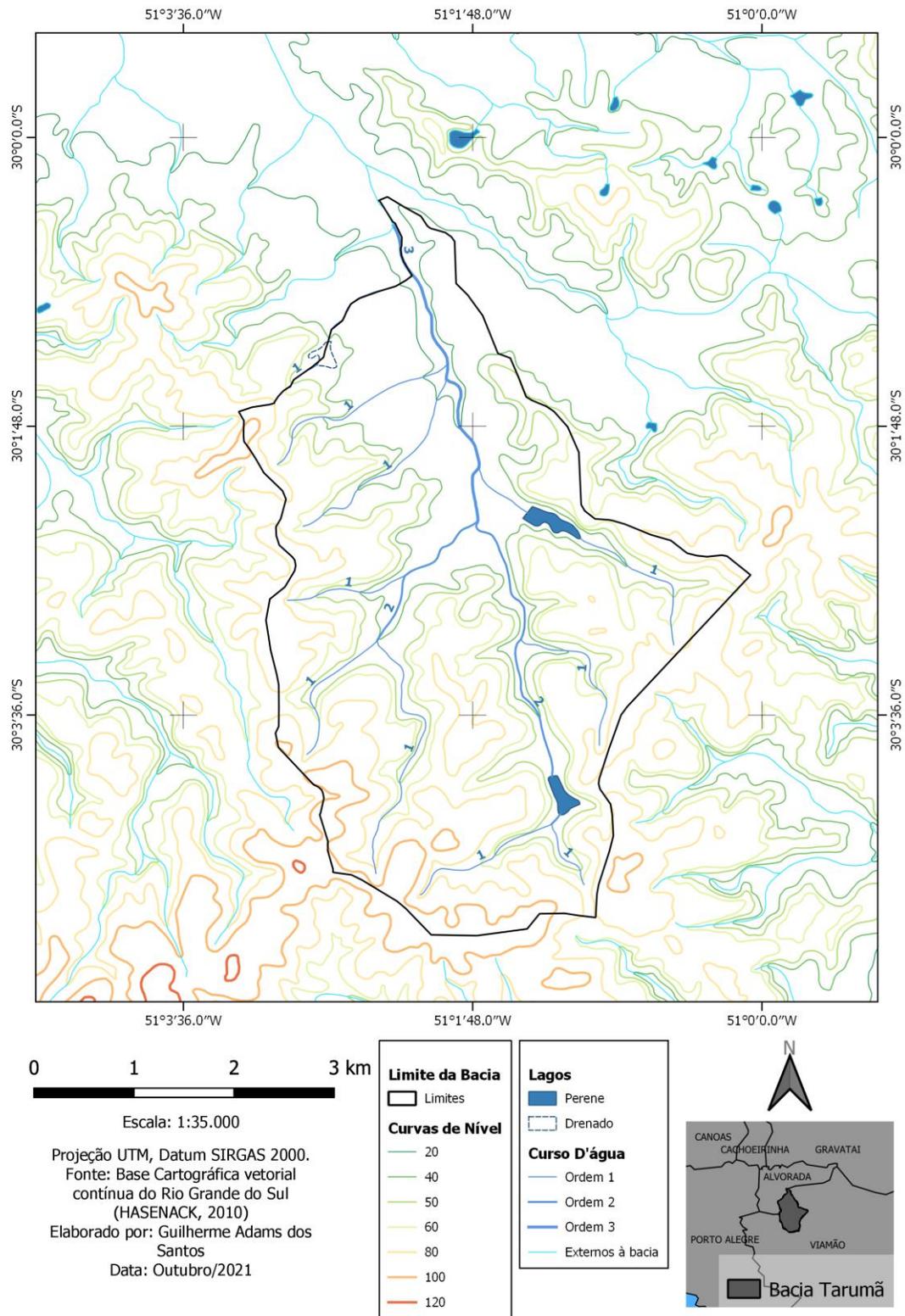
trouxe uma comparação visual dos resultados, que possibilitam análises amplamente diferentes. Assim, a metodologia de Ross foi uma das pioneiras para se desenvolver estudos integrados e que demonstram a importância de cada elemento do meio.

### **3.2.1 Mapa Topográfico e Hidrográfico**

Por meio dos dados de topografia (curvas de nível e pontos cotados) e rede de drenagem, são reveladas as características básicas dos cursos d'água e suas ordens, da altitude e suas cotas altimétricas, divididas de acordo com os dados de Hasenack (2010), no relevo da Bacia Hidrográfica do Tarumã conforme Figura 5.

Devido a urbanização e alta impermeabilidade de boa parte do terreno, a maior parte dos cursos d'água da bacia são intermitentes, apresentando apenas o arroio Águas Belas como perene. A rede de drenagem da bacia hidrográfica do Tarumã é classificada como de 3ª ordem, conforme ordenamento de Strahler (1957), que determina que os canais de primeira ordem são representados pelos cursos d'água em maiores altitudes, sem tributários, e que quando dois canais de primeira ordem se juntam formam um canal de segunda ordem, e assim por diante. A extensão total da rede original de drenagem é de 27,9km , que relacionada à área da bacia (22,85km<sup>2</sup>) indica uma drenagem aproximada de 1,22km/km<sup>2</sup> (drenagem regular).

Um dos corpos d'água lagunares mostrados no mapa que é representado como existente nos dados de geomorfologia, hidrografia, pedologia e geologia, teve de ser atualizado por ser um lago que foi assoreado completamente e que apresenta ocupação urbana dispersa, como observado nas imagens de satélite mais atuais (Figura 2).



**Figura 5:** Mapa Topográfico (curvas de nível) e Rede de Drenagem  
 Fonte: Hasenack et al (2010)

### 3.2.2 Mapa de Formas e Padrões Geomorfológicos

Ross (1994) indica a importância da Carta Geomorfológica como produto intermediário para a construção da carta de fragilidade. Neste estudo ela foi utilizada diretamente no cruzamento para a construção da carta de Fragilidade Ambiental Potencial, utilizando dados de Moura, Hasenack & Silva (2013).

As classes de fragilidades encontradas na bacia e arredores foram adaptadas aos dados geomorfológicos, seguindo leitura de Fujimoto e Schmitz (2012) quanto à caracterização das formas e padrões de relevo. Os polígonos foram individualizados a partir das formas e padrões correspondentes, e hierarquizados conforme as classes de fragilidades indicadas no Quadro 1.

**Quadro 1:** Classes de Fragilidade da Geomorfologia

<b>Classes de Fragilidade</b>	<b>Sigla</b>	<b>Geomorfologia</b>	<b>Grau de Fragilidade</b>
Média	Cim	Padrão de Formas em colinas com topos planos e convexos – Colina com interflúvio médio	3
Fraca	Pdf	Padrão de Formas em colinas com topos planos e convexos – Patamar deposicional (flúvio-coluvionar)	2
Muito Fraca	Pf	Planície Fluvial	1
Muito Fraca	B	Banhado	1

**Fonte:** Adaptado de Ross (1994)

### 3.2.3 Mapa de Declividade

A análise da declividade é importante pois influencia aonde as águas de escoamento superficial irão se concentrar, com qual velocidade, e como e quando vão se dissipar. Também, com a constante presença de chuvas, é associado com a maior ou menor suscetibilidade à erosão, bem como riscos de desastres naturais como alagamentos, enchentes, inundações, e movimentos de massa (CUNHA & GUERRA, 2010).

Amorim et al (2001) analisou a influência da declividade junto com a energia cinética de chuvas no processo de erosão e perda de solo entre sulcos, apontando referências e conclusões que indicam que, apesar de menos expressivo, o efeito da declividade auxiliou em muito a energia cinética, proporcionando um aumento na perda de solo.

Ross (1994) propõe que para estudos de maiores detalhes (escalas menores que 1:50000), utiliza-se as formas das vertentes e as classes de declividade, utilizando intervalos de classes já consagrados nos estudos de capacidade de uso/aptidão agrícola associado com valores limites críticos da geotecnia, que são ferramentas essenciais para o estudo e prevenção de desastres naturais relacionados à suscetibilidade à erosão ocasionada pelo escoamento superficial, conforme tabela 1:

**Tabela 1:** Classes de Declividade

<b>Categorias Hierárquicas</b>	<b>Classes</b>	<b>Grau de Fragilidade</b>
Muito Fraca	< 6%	1
Fraca	6 – <=12%	2
Média	13 – <=20%	3
Forte	21 – <=30%	4
Muito Forte	> 30%	5

**Fonte:** Adaptado de Ross (1994)

A elaboração do Mapa de Declividade se baseou no Modelo Digital de Elevação (MDE, uma imagem raster corrigida de alta resolução do terreno *ALOS PALSAR*, pelo *Alaska Satellite Facility*. A declividade foi obtida através da ferramenta Raster > Análise > Declividade no software *QGIS 3.10*. Após a geração deste mapa, as classes de declividade foram reclassificadas na aba de Estilo conforme os graus de fragilidade, e como produto se obteve o Mapa de Fragilidade das Classes de Declividade. O mapa hipsométrico também foi gerado utilizando os dados de curva de nível de Hasenack (2010) em conjunto com o MDE.

### **3.2.4 Mapa dos Solos**

O solo é formado a partir de materiais que lhe dão origem, através da ação de fatores climáticos e biológicos. Tem propriedades químico-físicas próprias, modificadas por organismos que fazem parte do meio com o qual o solo interage, se diferenciando de solos resultantes em outros ambientes. É essencial para o fornecimento de água e minerais que estarão dispostos ao longo do ambiente (Zimback, 2003), neste caso, uma bacia hidrográfica.

A análise dos solos é importante devido às diferentes características físicas e como se comportam frente à erosão. Importante considerar a textura, estrutura, plasticidade, grau de coesão das partículas e profundidade/espessura dos horizontes superficiais e subsuperficiais. O mapa de solos é desenvolvido através dos dados pedológicos digitais da Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí, disponibilizado por Hasenack & Weber (2013).

As análises desses dois itens (declividade e solos) se associam fortemente à presença humana, pois o pisoteio do gado, o desmatamento, e a pressão geral sobre o relevo aceleram os processos erosivos. Também, os tipos de solos são utilizados em avaliações no setor primário, tornando-os essenciais para se analisar as ações

humanas ligadas à agropecuária (ROSS, 1994). As classes de fragilidade ou erodibilidade dos solos foi estabelecido por Ross como no Quadro 2:

**Quadro 2:** Classes de Fragilidade dos Solos

<b>Classes de Fragilidade</b>	<b>Tipos de Solos</b>	<b>Grau de Fragilidade</b>
Muito Fraca	Latossolo Roxo, Latossolo Vermelho-escuro e Vermelho-amarelo com textura argilosa	1
Fraca	Latossolo Amarelo e Latossolo Vermelho-Amarelo com textura média/argilosa	2
Média	Latossolo Vermelho amarelo, Terra Roxa, Terra Bruna e Argissolo Vermelho-amarelo com textura média/argilosa	3
Forte	Argissolos Vermelho-amarelo com textura média/arenosa e Cambissolos	4
Muito Forte	Argissolos vermelho ou amarelos com cascalho, Neossolos Litólicos, Neossolos Flúvicos, Planossolos e Solos Hidromórficos.	5

**Fonte:** SCHNEIDER, adaptado de Ross (1994, 2007)

Os dados de tipos de solos disponibilizados por Hasenack (2013) são o material principal da elaboração do Mapa de Solos e das Classes de Fragilidade dos Solos. Similar ao mapa de formas e padrões geomorfológicos, os polígonos foram individualizados a partir dos tipos de solos correspondentes, e hierarquizados conforme as classes de fragilidades indicadas.

Tendo em vista as alterações na Classificação Brasileira dos Solos (SIBCS) em 1999 pela EMBRAPA (2021), a ponderação da fragilidade dos solos proposto por Ross

(1994) sofreu adaptações considerando a nova nomenclatura e critérios de classificação. O Quadro 3 compara a classificação anterior e a atual, utilizando apenas os solos importantes para este estudo.

**Quadro 3:** Classificação do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) e classificação anterior

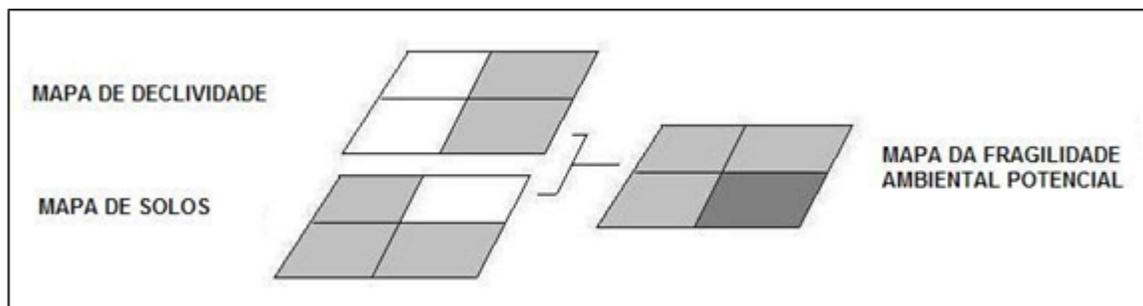
Sistema Brasileiro de Classificação de Solos		Classificação Anterior
Ordens	Subordens	
ARGISSOLOS	BRUNO-ACIZENTADO	Podzólico Bruno-Acinzentado
	ACINZENTADO	Podzólico Acinzentado
	AMARELO	Podzólico Amarelo
	VERMELHO	Podzólico Vermelho-Escuro com argila de atividade baixa (Tb). Terra Roxa Estruturada Similar e Terra Roxa Estruturada, com gradiente textural. Rubrozém (parte)
	VERMELHO-AMARELO	Podzólico Vermelho-Amarelo. Rubrozém (parte)
GLEISSOLOS	TIOMÓRFICO	Glei Tiomórfico
	SÁLICO	Solonchak com horizonte glei
	MELÂNICO	Glei Húmico Gleissolos com horizonte H, A húmico, chernozêmico ou proeminente Hidromórfico Cinzento sem mudança textural abrupta
	HÁPLICO	Hidromórfico Cinzento sem mudança textural abrupta Glei Pouco Húmico com A moderado
PLANOSSOLOS	NÁTRICO	Solonetz Solodizado
	HÁPLICO	Planossolos Hidromórfico Cinzento com mudança textural abrupta

Fonte: Oliveira, adaptado de Jacomine (2008, 2009)

### 3.2.5 Mapa de Fragilidade Ambiental Potencial

Para a composição do Mapa de Fragilidade Ambiental Potencial, que considera apenas as características naturais do local de estudo, fez-se o cruzamento das cartas temática de Declividade e dos Solos como exemplificado na Figura 6, com a adição específica dos dados de Geomorfologia. Os dados são então devidamente categorizados e ponderados segundo seus graus de fragilidade, dando-se maior relevância na análise para os itens de declividade e geomorfologia.

Para o cruzamento é necessário que os dados de solo estejam no formato *raster* assim como os dados de declividade, para isso fez-se a conversão do formato vetorial para o formato *raster*, através da ferramenta *Raster > Converter > Converter vetor para raster* (rasterizar). O cruzamento dos mapas de declividade e solos foi feito através da ferramenta *Raster > Calculadora Raster*. As ferramentas utilizadas pertencem a versão estável mais recente do SIG QGIS 3.10 (2019).



**Figura 6:** Esquema do cruzamento de mapas para a determinação da Fragilidade Ambiental Potencial.

**Fonte:** SCHNEIDER (2010)

### 3.2.6 Mapa de Uso e Cobertura dos Solos

O mapa de Uso e Cobertura dos Solos é importante pois insere a presença

antrópica no local de estudo, determinando o grau de proteção dos solos, que pode ser maior ou menor de acordo com o tipo de cobertura vegetal, práticas agrícolas, mineração, urbanização, assim com qualquer outra atividade que possa auxiliar na determinação de algum grau de proteção ou degradação do solo.

À medida em que uma ou mais cidades se expandem, aumenta o desmatamento cedendo lugar às áreas construídas. Também aumentam as áreas de solo exposto e a temperatura média em nível microclimático. Por isso, se considera a importância da vegetação através do seu porte e densidade, que reduz taxas de erosão por meio da proteção contra ação dos impactos das gotas de chuva, infiltração e escoamento das águas superficiais. Também desempenha, em espaços urbanos, funções ornamentais, paisagísticas, controle de ruídos e filtragem da poluição atmosférica, bem como elemento modificador do microclima, de modo a adequar o comportamento térmico do arranjo urbano (BARBOSA, 2003). As classes de proteção estão descritas e divididas de acordo com suas fragilidades no Quadro 4:

**Quadro 4:** Classes de Proteção da Cobertura Vegetal em relação ao Uso do Solo

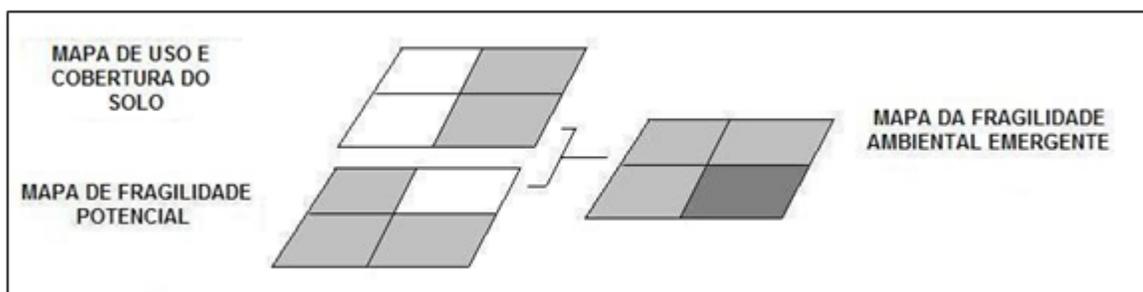
<b>Classes de Proteção</b>	<b>Categorias - Tipos de Cobertura Vegetal</b>	<b>Código</b>
Muito Alta	Florestas/Matas naturais, florestas cultivadas com biodiversidade	1
Alta	Formações arbustivas naturais com estrato herbáceo denso, formações arbustivas densas (mata secundária, Cerrado Denso, Capoeira Densa); Mata Homogênea de Pinus densa; Pastagens cultivadas com baixo pisoteio de gado, cultivo de ciclo longo	2
Média	Cultivo de ciclo longo em curvas de nível/terraceamento como o café, laranja com forrageiras entre ruas, pastagens com baixo pisoteio, silvicultura de eucalipto com sub-bosques de nativas	3
Baixa	Culturas de ciclo longo de baixa densidade (café, pimenta do reino, laranja com solo exposto entre ruas), culturas de ciclo curto (arroz, trigo, feijão, soja, milho, algodão com cultivos em curva de nível/terraceamento)	4
Muito Baixa	Áreas desmatadas e queimadas recentemente, solo exposto por arado recentemente, solos exposto ao longo de caminhos e estradas, terraplenagens, culturas de ciclo curto sem práticas conservacionistas, áreas urbanizadas	5

**Fonte:** SCHNEIDER, adaptado de Ross (1994)

Para a delimitação de cada tipo de uso de solo do local de estudo, foi usado como base imagens distribuídas pela *DigitalGlobe* à empresa *Google*, e acessado por meio do complemento *Google Earth Engine Plugin*, do *QGIS 3.10*. Determinou-se visualmente os tipos de uso do solo de Viamão, através de categorias adaptadas para o ambiente em estudo baseadas em Schneider (2010), e ferramentas de vetorização em SIG. Com os dados vetorizados, se converte o arquivo vetor em *raster* para gerar o mapa de uso e cobertura do solo e após hierarquização segundo as classes de proteção obteve-se o mapa de uso e cobertura do solo reclassificado.

### 3.2.7 Mapa de Fragilidade Ambiental Emergente

A construção do Mapa de Fragilidade Ambiental Emergente, que adiciona a presença antrópica em diferentes tipos de uso e cobertura vegetal no local, aliada às características físicas, obteve-se através do cruzamento dos Mapas de Fragilidade Potencial e de Uso e Cobertura do Solo, como exemplificado na Figura 7. A elaboração ocorreu da mesma forma com a qual se obteve o Mapa de Fragilidade Ambiental Potencial, através da rasterização dos dados e sobreposição através da ferramenta Raster > Calculadora Raster, do SIG QGIS 3.10 A Coruña (2019).



**Figura 7:** Esquema do cruzamento dos mapas para a determinação da Fragilidade Ambiental

**Fonte:** SCHNEIDER (2010)

Assim, a partir da elaboração dos Mapas Temáticos de Geomorfologia, Declividade, Solos e Uso e Cobertura do Solo hierarquizados digitalmente segundo as Classes de Fragilidade propostas por Ross (1994), gerou-se os produtos finais: Mapa de Fragilidade Ambiental Potencial e Mapa de Fragilidade Ambiental Emergente.

### **3.2.8 Análise de Campo**

O papel do trabalho de campo, é definido como um momento de integração entre os fenômenos sociais e naturais que se entrecruzam na realidade. Separar a sociedade e a natureza tem sido um entrave para o desenvolvimento da Geografia. Sendo os aspectos sociais e naturais do espaço indissociáveis, tanto no campo quanto na teoria (ALENTEJANO, 2006) e levando em conta as boas consequências que uma experiência empírica de campo traz, esta é essencial para se aferir as interpretações das imagens utilizadas para o trabalho, além de enriquecer o conhecimento do local.

Sabendo-se da necessidade de um trabalho de campo específico para cada tipo de produção científica na área das Geociências, denota-se que a análise de campo e a coleta de dados no atual momento de pandemia do COVID-19 (2019-) pode ser feita de maneira adaptada ao Ensino À Distância (EAD) devido à falta de recursos, possíveis inseguranças em locais de risco, e dificuldade de monitoramento de dados para algumas áreas das Ciências Humanas. Enquanto para algumas atividades se garante a possibilidade de realização virtual, como questionários, entrevistas e pesquisas bibliográficas disponíveis gratuitamente, outras atividades impõem desafios para alguns pesquisadores.

No caso desse estudo, a análise da Bacia Hidrográfica do Tarumã se deu por imagens de satélite, para confirmar a validade das informações obtidas por meio de sensores remotos. Figuras retiradas do *Google Earth Pro* e *Google Street View*, representando as feições, processos, cobertura vegetal e uso do solo, servem auxílio aos dados já coletados e para melhor representação de paisagens dentro da área de estudo.

## **4- CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

### **4.1 Características Geológicas, Geomorfológicas e Pedológicas**

Os dados geológicos (CPRM, 2013) junto do mapa geomorfológico (Moura et al, 2013) obedecem à metodologia de Ross (1992) quanto à ordenação taxonômica de Morfoestrutura (unidades maiores) e suas características mais específicas contidas no conceito de Morfoescultura. A área de estudo faz parte da periferia da morfoestrutura do Escudo Uruguaio Sul-rio-grandense com a morfoescultura do Planalto Uruguaio Sul-rio-grandense, além de toda a área de estudo também apresentar pequenas quantias de sedimentos provenientes da Depressão Periférica. O trecho do Rio Gravataí para onde escoam as águas da Bacia Hidrográfica do Tarumã pertence à morfoestrutura da Bacia Sedimentar de Pelotas, e sua morfoescultura de Planícies e Terras Baixas Costeiras.

Quanto as suas características geológicas, o Planalto ou Escudo Uruguaio Sul-Rio-grandense na área de estudo se configura na parte mais oriental do Cinturão Dom Feliciano, com a presença de granitoides tardi-orogênicos e meta-granitóides foliados, e que se expande de nordeste a sudoeste até o Uruguai, como mostrado por Ramos (2014). Este cinturão é uma herança da separação entre as plataformas Sul Americana e Africana, e reflete a atividade do Ciclo Brasileiro no Sul do Brasil com rochas formadas no Pré-Cambriano. Estas características predominam nas áreas mais altas da bacia, que fazem parte do Oeste do município de Viamão, com altitudes médias predominantemente em torno de 50m a 100m.

Já a Bacia Sedimentar de Pelotas, segundo Barboza et al (2008 apud Ghignone, 1960) é uma ampla bacia preenchida por sedimentos terciários e quaternários, com a presença de marcantes lagoas no estado como a dos Patos, Mirim, Mangueira e do Peixe, na costa litorânea do estado e do Brasil. Os banhados em direção ao Rio Gravataí, para o norte da área de estudo, expressam sedimentos lagunares e fluviais desta que se depositarão na Bacia Sedimentar de Pelotas. Geologicamente, se

encontram depósitos eluviais, coluviais e aluvionares do Holoceno e do Pleistoceno nas transições entre as estruturas da bacia e do escudo no local de estudo, com argila, cascalho, silte, areia e laterita como principais sedimentos litológicos

Quanto a características de formas e padrões de relevo, o mapa geomorfológico dos municípios de Porto Alegre, Viamão e Alvorada, elaborados por Moura, Hasenack e Silva (2013), mostra que o local de estudo e arredores se constituem predominantemente de padrões de formas semelhantes em colinas com topos planos e convexos, exibindo formas de relevo chamadas de patamares deposicionais (flúvio-coluvionares). Apresenta também, por se tratar de uma bacia hidrográfica, padrões de formas semelhantes caracterizados como planícies fluviais. Fora das áreas mais próximas dos cursos d'água, e fora da área estabelecida pela bacia, se localizam colinas com interflúvios médios na maior parte do perímetro urbano de Viamão e Alvorada, a exceção de alguns locais no norte deste último município aonde há a presença de banhados junto ao Rio Gravataí.

O Padrão de Formas em Colinas com Topos Planos e Convexos é caracterizado como elevações de altitudes entre 20-60m e 60-100m em Viamão, com declividade média nas classes de 5-10% e 10-20%, segundo Fujimoto e Schmitz (2004; 2012). A área de estudo se localiza distante de morros no município de Viamão e arredores que contém as maiores altitudes do município, como o Morro São Caetano (255m) e o Morro da Grotta (263m). A geometria do terreno é amplamente modificada antropicamente nos fundos de vale, com a presença de quantias de lixo (vidro, plástico, tecido, etc), que acabam por caracterizar os depósitos como tecnogênicos. Se localizam nestes, além das colinas de interflúvios médios como as maiores altitudes e declividades, patamares deposicionais com declividades baixas e sedimentos derivados da ação fluvial. Neste padrão se encontram solos do tipo Argissolo Podzólico Vermelho-Amarelo abrupto e não abrupto de textura média-argilosa e média-argilosa cascalhenta (PV1 e PV2)

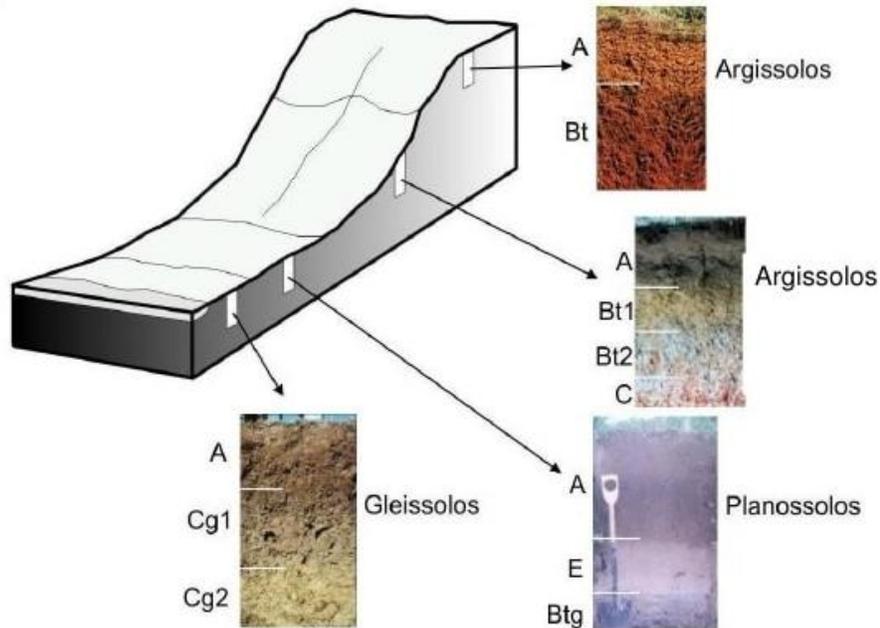
Por fim, se encontra o Padrão de Formas em Planícies Fluviais, representado pela área mais envolta dos arroios que compõem a bacia, e que tem então, a menor declividade e altura desta. Neste se encontram majoritariamente solos do tipo

Planossolo/Gleissolo pouco húmico de textura arenosa-média e média argilosa/média argilosa (GX).

Abaixo, está a descrição das características gerais, baseadas no Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (SiBCS) (EMBRAPA, 2018), dos principais solos encontrados na Bacia Hidrográfica do Tarumã:

- **ARGISSOLOS:** Argissolos são solos constituídos por material mineral, com argila de atividade baixa ou com argila de atividade alta desde que conjugada com saturação por bases baixa ou com caráter alumínico na maior parte do horizonte B. Profundos a muito profundos, bem drenados a imperfeitamente drenados. Se classificam em: Bruno-acinzentados, Acinzentados, Amarelos, Vermelhos e Vermelho-Amarelos, estes últimos encontrados na área de estudo. Estes ocorrem em topo e encosta de elevações, em relevo suave-ondulado a ondulado e forte-ondulado a montanhoso.
- **PLANOSSOLOS:** Solos minerais imperfeitamente ou mal-drenados, com excesso de umidade, com acentuada diferença de textura do horizonte A para o horizonte B. Pode formar por muitas vezes um lençol d'água sobreposto, formado por um ocasional horizonte pã derivado de sua lenta permeabilidade. Subdivididos em Nátricos e Háplicos. Ocorrem em áreas marginais ao longo de arroios e planícies aluviais/lagunares em relevo plano ou com microrrelevo. Os planossolos estão associados aos gleissolos segundo os dados da área de estudo.
- **GLEISSOLOS:** Os solos desta classe se encontram permanente ou periodicamente saturados por água, salvo se artificialmente drenados. Pode se drenar por fluxo lateral do solo ou a água ascender capilarmente, atingindo a superfície. Devido a constante saturação de água, é mais livre de oxigênio e manifesta-se em cores acinzentadas, azuladas ou esverdeadas. São divididos em quatro classes: Sállicos, Malênicos, Tiomórficos e Háplicos, sendo os gleissolos desta última classe os que ocorrem na área de estudo.

Na figura abaixo, se exemplifica a localização genérica dos solos encontrados dentro da Bacia Hidrográfica do Tarumã.



**Figura 8:** Localização na paisagem de solos encontrados na Bacia Hidrográfica do Tarumã

**Fonte:** Rosa (2010, adaptado de Reinert et al, 2007)

#### 4.2 Características Climáticas e da Cobertura Vegetal

De acordo com Mehl et al (2001) a chuva é um dos fatores que afetam a erosão que tem maior variabilidade no tempo e espaço. Saber da intensidade, duração e frequência de precipitação de um local auxilia a otimização no dimensionamento de obras em geral no local escolhido para estudo climático.

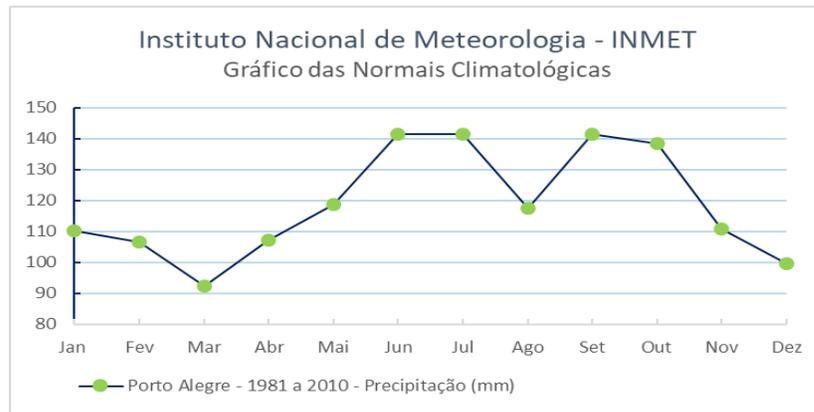
Conforme a classificação de W. Köppen e R. Geiger, utilizadas por Kuinchtner e Buriol (2001), Viamão se apresenta na região classificada como Cfa (subtropical úmido) do estado do Rio Grande do Sul, por registrar temperatura média do mês mais quente acima de 22°C, diferente da classificação Cfb (oceânico). Tanto Viamão quanto o estado apresentam características de grande variância sazonal, com as estações bem

marcadas e com pluviosidade bem distribuída ao longo do ano, sem estação seca definida e uma concentração levemente maior nos meses de inverno.

A região Sul do Brasil apresenta uma dinâmica climática semelhante entre seus estados. É significativamente complexa, com atuações de diversas dinâmicas importantes, como massas polares, sistemas convectivos, maritimidade e continentalidade. Fenômenos como a Zona de Convergência do Atlântico Sul podem trazer padrões diferentes de chuva para a região Sul ou Sudeste, dependendo da posição variável da zona, além da influência da ocorrência do fenômeno El Niño – Oscilação Sul (ENOS) em anomalias sazonais na região (NERY, 2006).

Enquanto no verão a Massa Tropical Continental (mTc) e a Massa Tropical Atlântica (mTa) equilibram as chuvas por meio de suas propriedades continentais e marítimas, no inverno a mTa converge mais ao norte, abrindo espaço para a Massa Polar Atlântica (mPa) agir sob a região sul e mais além, diminuindo as temperaturas e definindo uma estação de inverno bem marcada, agregando às características de grande variância sazonal presentes.

Segundo a média histórica dos anos 1981 – 2010 do Instituto Nacional de Meteorologia (2021) na figura 9, a média de precipitação anual para a estação Porto Alegre, que é a estação mais próxima do município de Viamão e da bacia, é de 1425,2mm, com os meses de junho, julho e setembro sendo os mais chuvosos, apresentando precipitação média mensal de 141,3 mm para os dois primeiros e 141,5 para o último, respectivamente. O mês de março apresentou menor índice de precipitação com 92 mm (INMET, 2021). Os dados também apresentam os elementos climáticos do período, de temperatura média do ar (19,5°C), temperatura média das máximas (25,2°C), e das mínimas (15,5°C) e a umidade relativa do ar (76,5%)



**Figura 9:** Normais climatológicas da precipitação, série histórica 1981-2010

**Fonte:** INMET (2021), [www.inmet.gov.br](http://www.inmet.gov.br).

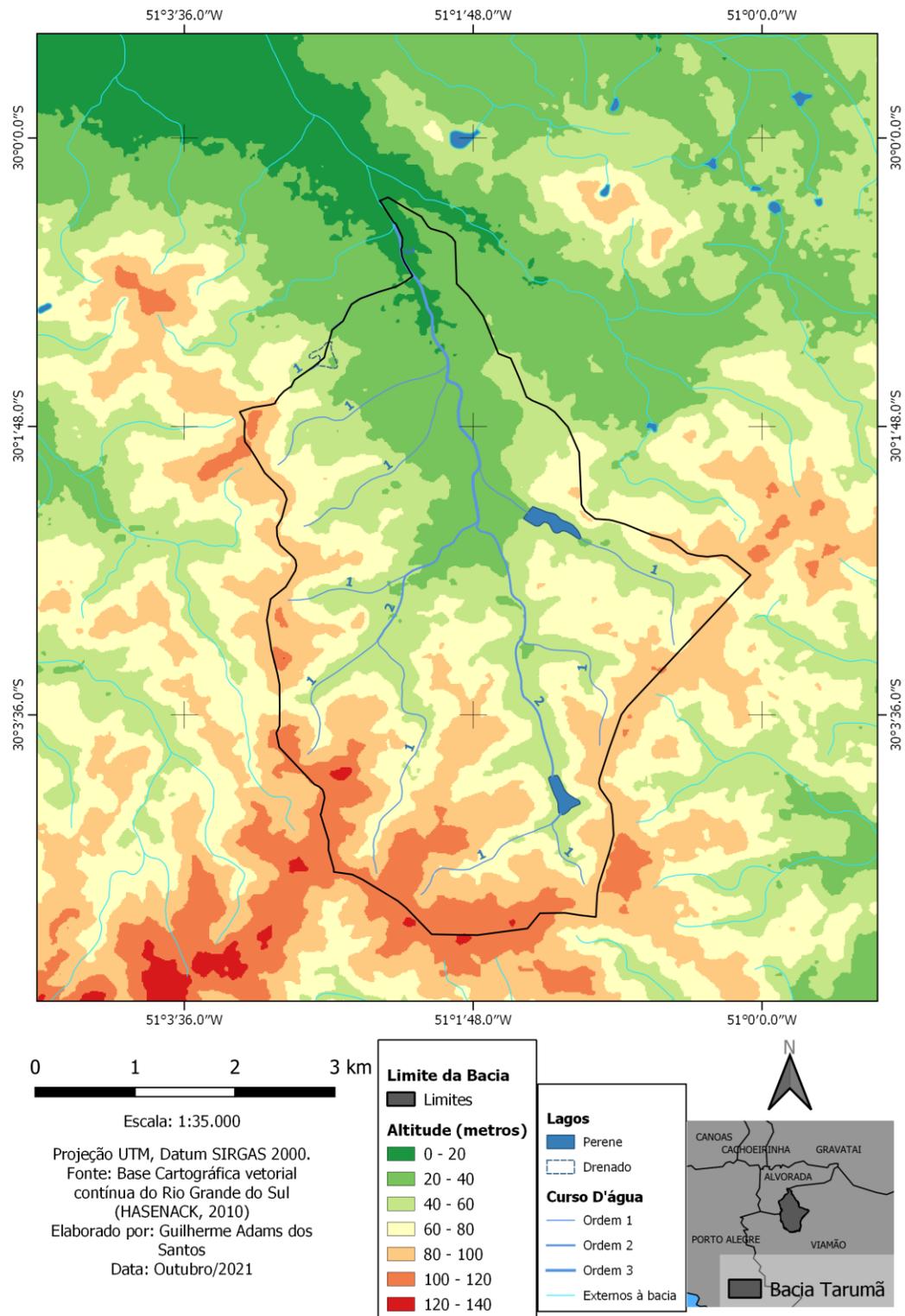
A vegetação de Viamão e Alvorada possui características do bioma Pampa, em sua maioria. Em 2016, apenas em volta do Lago Tarumã, maior corpo de água do local, existem 112 espécies arbóreas, sendo 96 espécies nativas da região, e 16 espécies exóticas. Das espécies nativas, 23 apresentam ampla distribuição na região sul do país. Em função da área ao redor do lago conter áreas campestres, úmidas, alagadas, altas e inclinadas, tem-se como resultado uma grande variação de espécies vindas de várias rotas de migração proveniente do norte do estado (Planalto Meridional) em direção à bacia do Tarumã (Escudo Sul-riograndense/ Planície Costeira) (Silva Filho, Mondin, 2017)

Segundo o Mapa de Vegetação do Brasil (IBGE, 2004) a área de estudo e os municípios de Alvorada e Viamão em geral estão localizados em duas das classificações. Ao norte, são áreas das formações pioneiras (Sistema Edáfico de Primeira Ocupação), em específico, área de atividades agrárias, correspondendo a zona rural de Viamão. Ao sul, corresponde à maior área de tensão ecológica no estado, onde há contatos entre tipos de vegetação, mais especificamente Estepes/Florestas Estacionais. A bacia, e a zona em volta apresenta vegetação arbórea e arbustiva, com coxilhas com topos campados e encostas mais vegetadas.

## 5- ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

### 5.1 Mapa Hipsométrico

Através do Modelo Digital de Elevação (MDE) Alos-Palsar cobrindo o local de estudo, obteve-se os mapas hipsométrico e clinográfico. O MDE, que é uma reamostragem do MDE SRTM, apresenta quase que de maneira autêntica as formas de relevo encontradas na área de estudo. Através de ferramentas de simbologia e reclassificação presentes no software *QGIS*, as cotas altimétricas foram dispostas de 20 em 20m no mapa hipsométrico (Figura 10), aonde nestes se encontram altitudes que variam de 20 a 140m nas porções mais elevadas da área de estudo e arredores.



**Figura 10:** Mapa Hipsométrico (Modelo Digital de Elevação) e Rede de Drenagem  
 Fonte: Alaska Satellite Facility (2011) e Hasenack et al (2010)

## 5.2 Mapa de Formas e Padrões Geomorfológicos

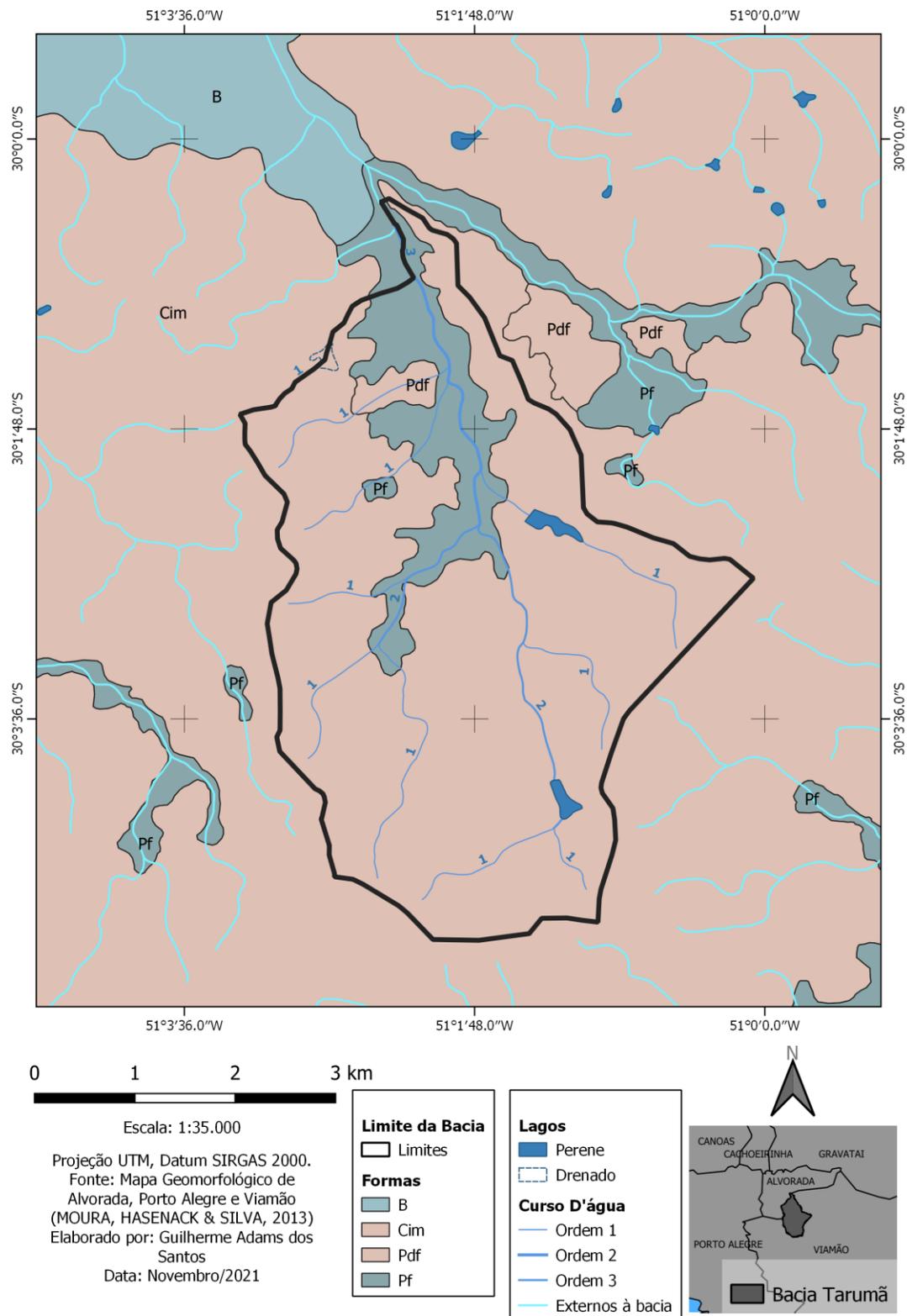
A geomorfologia da Bacia Hidrográfica do Tarumã, junto das características geológicas do granito Dom Feliciano, parte do Escudo Sul-riograndense, foi analisado e adaptado para a metodologia de Ross (1994). Há uma baixa variedade de formas que se resumem às colinas com interflúvio médio (Cim), alguns sedimentos depositados em uma pequena área (Pdf), e a planície fluvial dos corpos d'água, esta última encontrada mais à jusante da bacia, e sendo a área com menos declividade e mais solos hidromórficos, como analisado nos próximos itens.

A tabela 2 e as Figuras 11 e 12 representam os resultados obtidos:

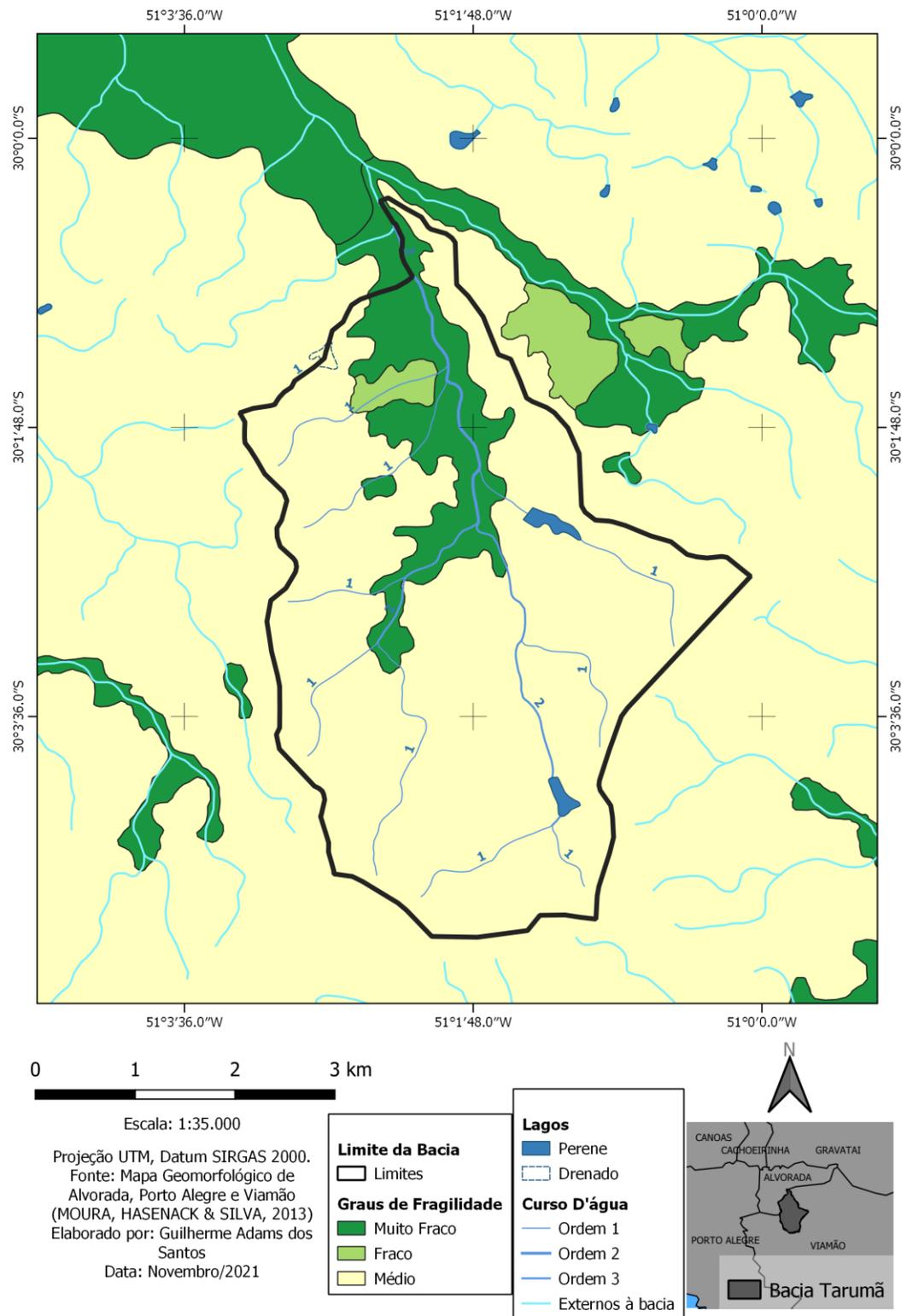
**Tabela 2:** Classes de Geomorfologia, de Fragilidade, Área e Porcentagem em relação à área da Bacia Hidrográfica do Tarumã.

<b>Sigla</b>	<b>Classes de Fragilidade</b>	<b>Formas</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Porcentagem na Bacia (%)</b>
Cim	Média	Colinas com interflúvio médio	19,40	84,86
Pdf	Fraca	Patamar Deposicional (fluvio-coluvionar)	0,35	1,53
Pf	Muito Fraca	Planície Fluvial	3,12	13,64

**Fonte:** Moura et al (2013)



**Figura 11:** Mapa Geomorfológico da Bacia Hidrográfica do Tarumã  
**Fonte:** Moura et al (2013)



**Figura 12:** Graus de Fragilidade do Mapa Geomorfológico da Bacia Hidrográfica do Tarumã

**Fonte:** Ross (1994)

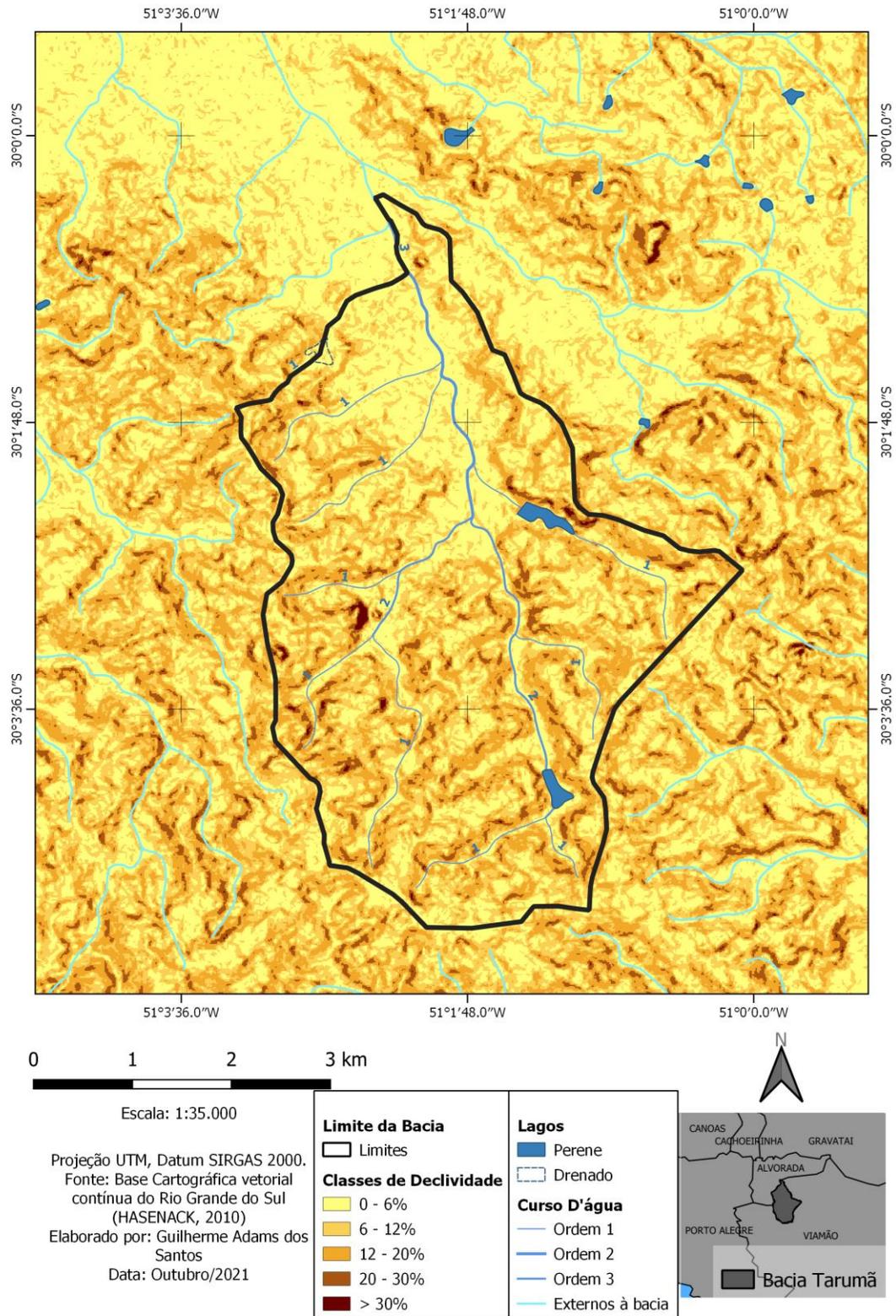
### 5.3 Mapa de Declividade e Classes de Fragilidade

As classes de declividade verificadas na Bacia Hidrográfica do Tarumã expressam uma superfície predominantemente suave a ondulada, na qual classes com declividades menores que 20% são predominantes, e que demonstram um grau de fragilidade baixo unido à baixa velocidade de escoamento de águas nesta bacia, onde predominam cursos d'água intermitentes, estreitos e subsuperficiais em vários trechos. Entretanto, para melhores resultados se associam estas informações clinográficas aos tipos de solos, determinando mais claramente o grau de fragilidade da área de estudo. A Tabela 3 e as Figuras 13 e 14 representam os resultados obtidos:

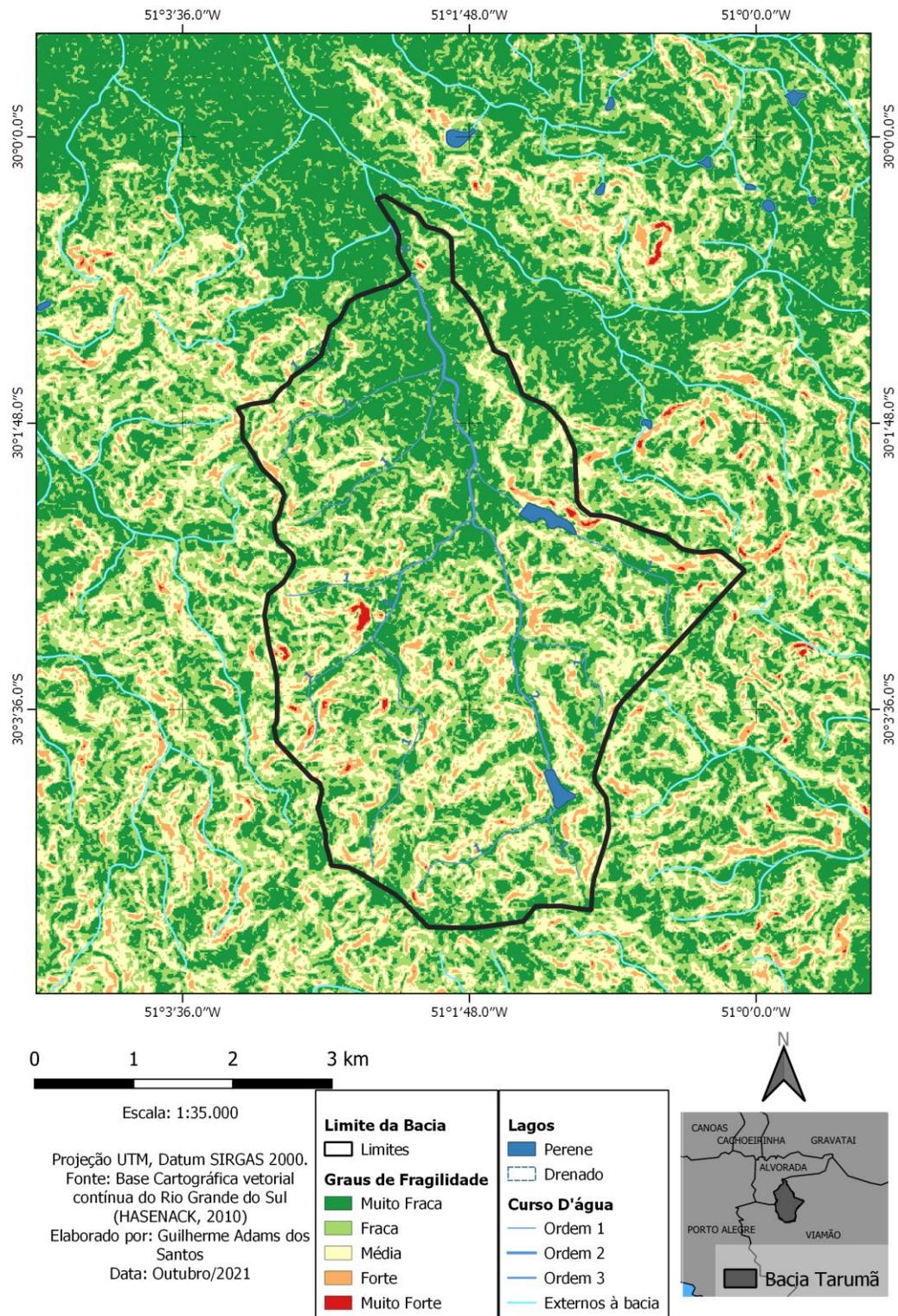
**Tabela 3:** Classes de Declividade, de Fragilidade, Área e Porcentagem em relação à área da Bacia Hidrográfica do Tarumã

<b>Classes de Declividade</b>	<b>Classes de Fragilidade</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Porcentagem na Bacia (%)</b>
< 6%	Muito Fraca	8,11	35,49
6 – <=12%	Fraca	7,80	34,13
13 – <=20%	Média	5,75	25,16
21 – <=30%	Forte	1,10	4,81
> 30%	Muito Forte	0,08	0,35

**Fonte:** Hasenack & Weber (2010) e Ross (1994)



**Figura 13:** Mapa de Declividade da Bacia Hidrográfica do Tarumã  
**Fonte:** Alaska Satellite Facility (2011) e Hasenack et al (2010)



**Figura 14:** Graus de Fragilidade do Mapa de Declividade da Bacia Hidrográfica do Tarumã

**Fonte:** Ross (1994)

#### 5.4 Mapa das Unidades dos Solos e Classes de Fragilidade

Com os dados de solos de Weber & Hasenack (2013) foi elaborado o mapa das unidades dos solos e sua hierarquização conforme sua fragilidade. Devido aos estudos sobre solos ainda serem deficientes no país, os dados utilizados são pouco detalhados comparados à dados encontrados em diagnósticos ambientais de locais mais importantes, como em capitais brasileiras.

Os solos encontrados indicam que a bacia no seu total contém solos de Fragilidade Forte a Muito Forte, correspondendo a Argissolos para a Fragilidade Forte, e solos hidromórficos de planícies fluviais e lagunares correspondendo à Fragilidade Muito Forte. Predominam os argissolos vermelho-amarelos, que circundam a área dos gleissolos/planossolos. A área que cada um ocupa pode ser observada na Tabela 4:

**Tabela 4:** Unidades de Solos da Bacia Hidrográfica do Tarumã e arredores, Área, Porcentagem em relação à área da Bacia e respectivas Classes de Fragilidade.

Sigla	Classes de Fragilidade	Classes de Solo	Área (km <sup>2</sup> )	Porcentagem na Bacia (%)
GX	Muito Forte	Associação de Gleissolo Háplico e Planossolo Hidromórfico	3,78	16,54
PV1	Forte	Argissolo Vermelho-Amarelo com Cambissolo Háplico	9,07	39,69
PV2	Forte	Argissolo Vermelho-Amarelo com Cambissolo Háplico de transição abrupta	10,00	43,76
PV4	Forte	Associação de Argissolo Vermelho-Amarelo/Vermelho-escuro	0,00	0,00

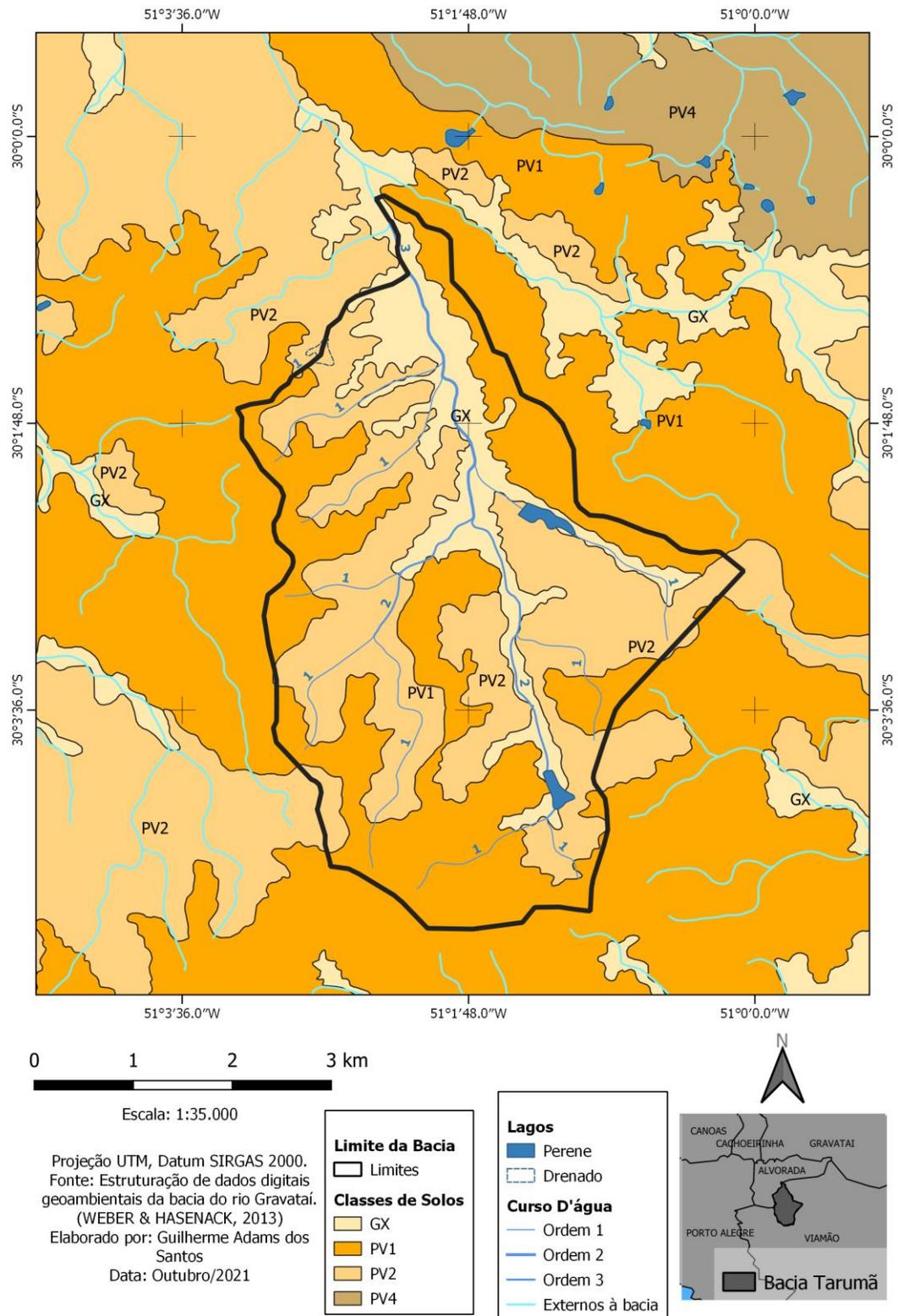
**Fonte:** Hasenack & Weber (2013) Ross (1994;2007)

Os solos das unidades PV1 e PV2 são constituídas por Argissolos Vermelho-Amarelo, e que se diferenciam na fonte de dados apenas por serem de transição abrupta (PV2) ou não (PV1). Não se pôde ser constatado como este detalhe de diferença poderia ser adaptado à metodologia de Ross. Estes solos compõem mais de 84% da bacia, e estão presentes nos arredores também, ocorrendo em relevo variado, e de declividade mais ondulada, em comparação com o solo GX. Apesar da elevada capacidade de água disponível, esses solos podem apresentar limitações ligeiras sob o aspecto físico relacionadas à pouca profundidade e presença de cascalhos na superfície, mas ainda sendo solos suscetíveis à exploração agrícola (SÃO PAULO, 2015).

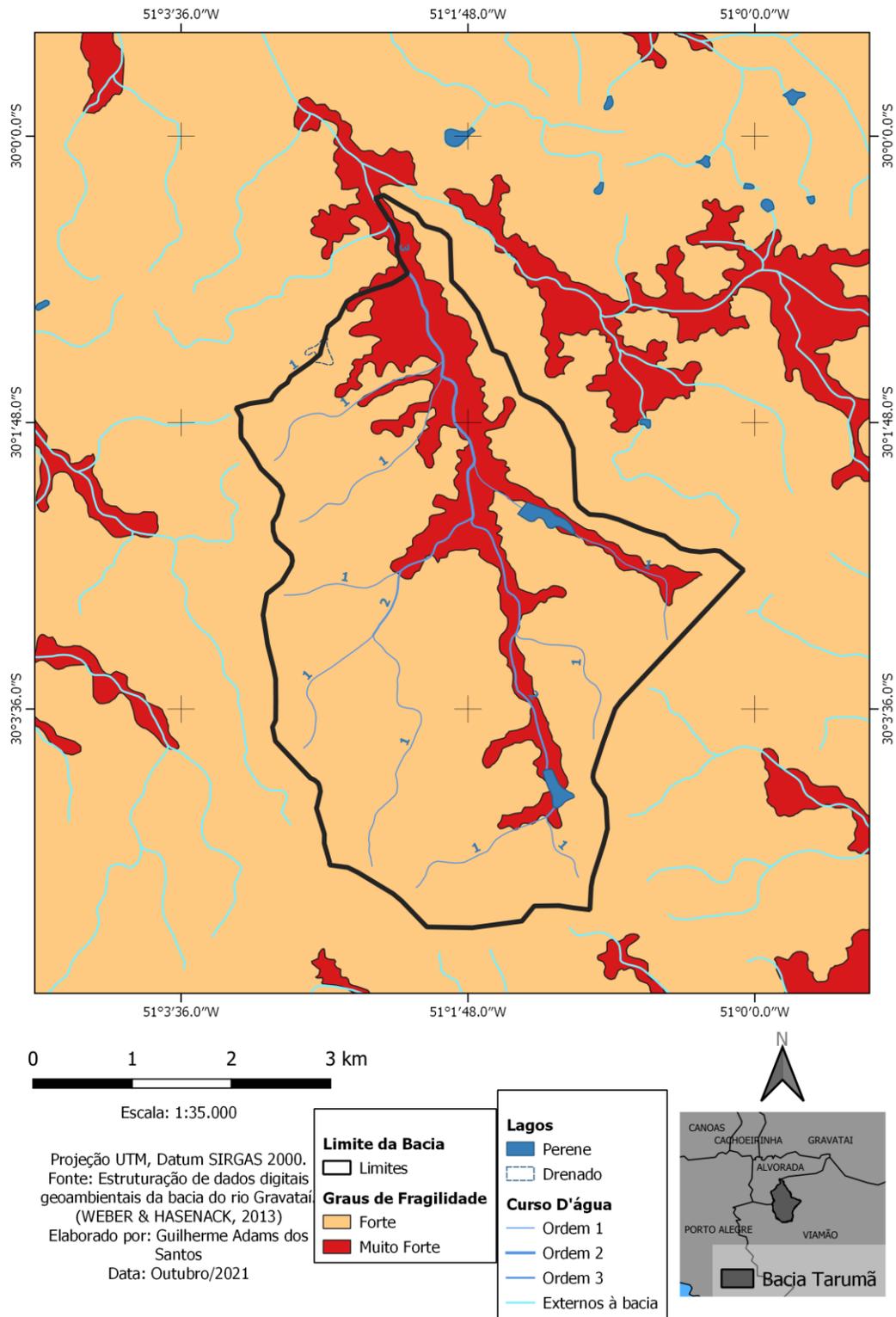
A unidade PV4 está presente externamente à bacia, na direção nordeste, em uma maciça área próxima à planície fluvial do Rio Gravataí. Correspondem à argissolos vermelho-amarelos e vermelhos, de transição abrupta e não abrupta, com texturas arenosa-argilosa, arenosa-média e média-argilosa, que são menos suscetíveis à exploração agrícola em comparação com os solos PV1 e PV2.

A unidade de solos GX, que estão em mais de 16% da bacia correspondem aos solos associados às regiões mais planas da bacia, influenciadas pelos ambientes fluviais e lagunares. Como delimitado por Ross (1994) e desenvolvido ao longo dos anos por meio de adaptação da nomenclatura e avanço dos estudos de solos brasileiros (EMBRAPA, 2018), estes são solos hidromórficos com rápida saturação de água (mal-drenados), e ao ocorrerem em áreas planas, são o solo matriz de planícies de inundação, onde a velocidade de escoamento é baixa.

As classes de solo e seus graus de fragilidade são representados nas Figuras 15 e 16:



**Figura 15:** Mapa Pedológico da Bacia Hidrográfica do Tarumã  
**Fonte:** Weber & Hasenack (2013)



**Figura 16:** Graus de Fragilidade do Mapa Pedológico da Bacia Hidrográfica do Tarumã  
**Fonte:** Ross (1994)

### 5.5 Mapa de Fragilidade Ambiental Potencial

O Mapa de Fragilidade Ambiental Potencial da bacia hidrográfica em estudo foi obtido através do cruzamento das informações de geomorfologia, declividade e solos, dando-se peso em dobro nas somas dos rasters pela Calculadora Raster para os itens de Geomorfologia e Declividade, pois seus fatores topográficos são mais importantes para o estudo, e são dados de melhor qualidade. O mapa resultante se categoriza em cinco classes de fragilidade: Muito Fraca, Fraca, Média, Forte e Muito Forte.

A seguir a Tabela 5 destaca o percentual e as respectivas áreas das classes de Fragilidade encontradas na Bacia Hidrográfica do Tarumã, destacando que a classe 1 de fragilidade potencial Muito Fraca não foi encontrada.

**Tabela 5:** Fragilidade Ambiental Potencial da Bacia Hidrográfica do Tarumã e suas respectivas áreas e porcentagem de abrangência.

<b>Fragilidade Potencial</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Porcentagem na Bacia (%)</b>
Muito Fraca	-	-
Fraca	0,65	2,84
Média	7,70	33,68
Forte	12,97	56,73
Muito Forte	1,53	6,69

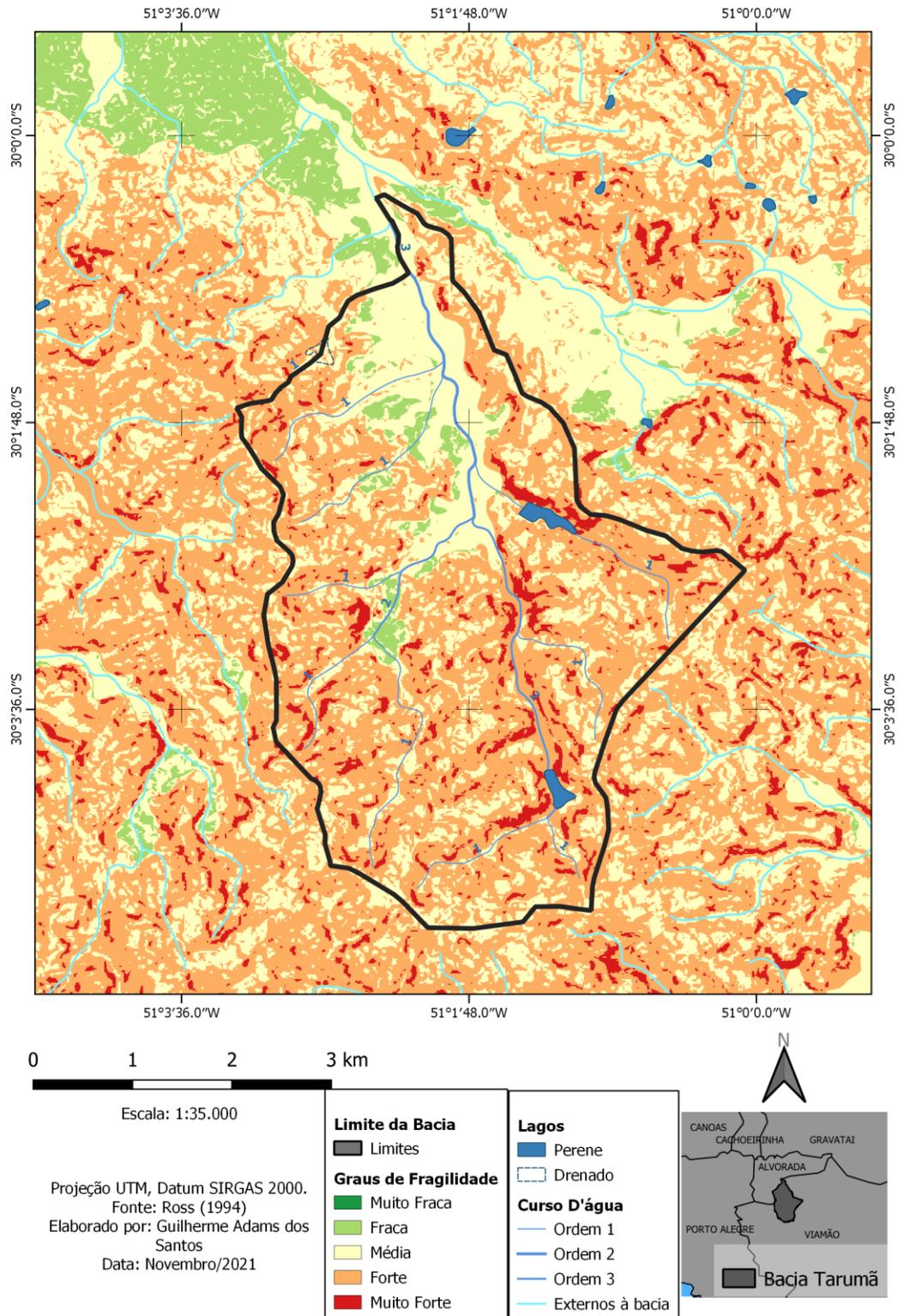
**Fonte:** Ross (1994)

Na figura 17, é observado que a área de ocorrência da Fragilidade Fraca é muito pequena, com menos de 1% da área total da bacia, ocorrendo nos locais de menor declividade, em volta de algumas áreas do leito dos arroios e suas planícies de inundação, e em especial na área de patamar-deposicional flúvio-coluvionar representado pela geomorfologia Pdf, formada por deposição das colinas mais altas.

A seguir, a segunda classe de maior ocorrência, Fragilidade Média, ocorre em cerca de 33% da área da bacia hidrográfica. Esta classe, junto da classe Fraca, se apresentam majoritariamente na planície de inundação da bacia à jusante, onde ocorrem os menores declives e maiores deposições, associadas aos gleissolos (GX), solos hidromórficos e de fragilidade muito forte. A classe média nas planícies resulta da relação solo de fragilidade muito forte e topografia mais plana. Também se encontra nas regiões onde se encontram as menores declividades nas colinas com interflúvio médio (Cim) e solos PV1/PV2.

Em sequência, se verifica a classe de fragilidade de maior abrangência, que é a de Forte fragilidade, em mais de 56% da área de estudo, ocorrendo majoritariamente fora das áreas mais planas. Esta relacionado aos solos de maior fragilidade da bacia, algumas das maiores altitudes e com a morfologia de colinas (Cim), e ocorre em pouquíssima quantia à jusante dos cursos d'água, onde a topografia é plana e baixa.

Por fim, ocorrendo em cerca de 6% da área da bacia hidrográfica, a fragilidade potencial Muito Alta, relacionadas às declividades de fragilidade forte e muito forte (20%>) e indicam os locais mais propícios de erosão e deposição em áreas mais baixas, se dependendo apenas de sua fragilidade potencial, sem a ação antrópica no ambiente.



**Figura 17:** Mapa de Fragilidade Ambiental Potencial da Bacia Hidrográfica do Tarumã  
**Fonte:** Ross (1994)

## 5.6 Mapa de Uso e Ocupação do Solo e Classes de Fragilidade

O Mapa de Uso e Ocupação do Solo foi categorizado em usos e ocupações adaptados de Hasenack et al (2008) por Schneider (2010). Assim, foram encontrados na bacia os seguintes usos e ocupações: Mata Nativa, Campo Nativo, Vegetação Arbustiva, Campo Manejado, Silvicultura, Cultivo, Corpos d'água, Banhado, Vias, Urbano e Solo Exposto. Visto ser uma bacia mista, sendo ela parte do perímetro urbano de Viamão, mas com características rurais, a categoria "Urbano" foi subdividida para melhor representar a fragilidade do ambiente a ser analisado, como no estudo de suscetibilidade à inundação na Bacia Hidrográfica do Arroio do Salso (Fujimoto & Dias, 20). A subdivisão resulta em 3 classes: Ocupação Urbana Concentrada, Ocupação Urbana Dispersa e Edificações Rurais Diversas.

As 5 Classes de Proteção do Solo são: Muito Alta, Alta, Média, Baixa e Muito baixa. As classes nos quais estes usos e ocupações foram divididos são similares aos 5 Graus de Fragilidade, de forma que a Classe "Muito Baixa" de proteção equivale a um Grau "Muito Forte" de fragilidade.

O produto resultado da vetorização dos usos e ocupações do solo reflete a maneira de como a sociedade da região, em expansão urbana, se comporta, transformando a natureza e usufruindo dos seus diferentes meios. As características da bacia são rururbanas, com maciços urbanos ao noroeste (Alvorada) e a sul-leste (Viamão), com áreas de cultivo e silvicultura dispersas, extensas áreas de campo manejado e presença de condomínios, projetos imobiliários, sedes campestres, sítios e pequenos banhados.

As categorias de uso e ocupação do solo encontradas, suas áreas, porcentagens e graus de proteção correspondentes, encontram-se nas tabelas 6 e 7, e os Mapas de Uso e Ocupação do Solo e de Graus de Proteção do Solo encontram-se nas figuras 18 e 19, respectivamente.

**Tabela 6:** Usos e ocupação, área e porcentagem de abrangência na Bacia Hidrográfica do Tarumã.

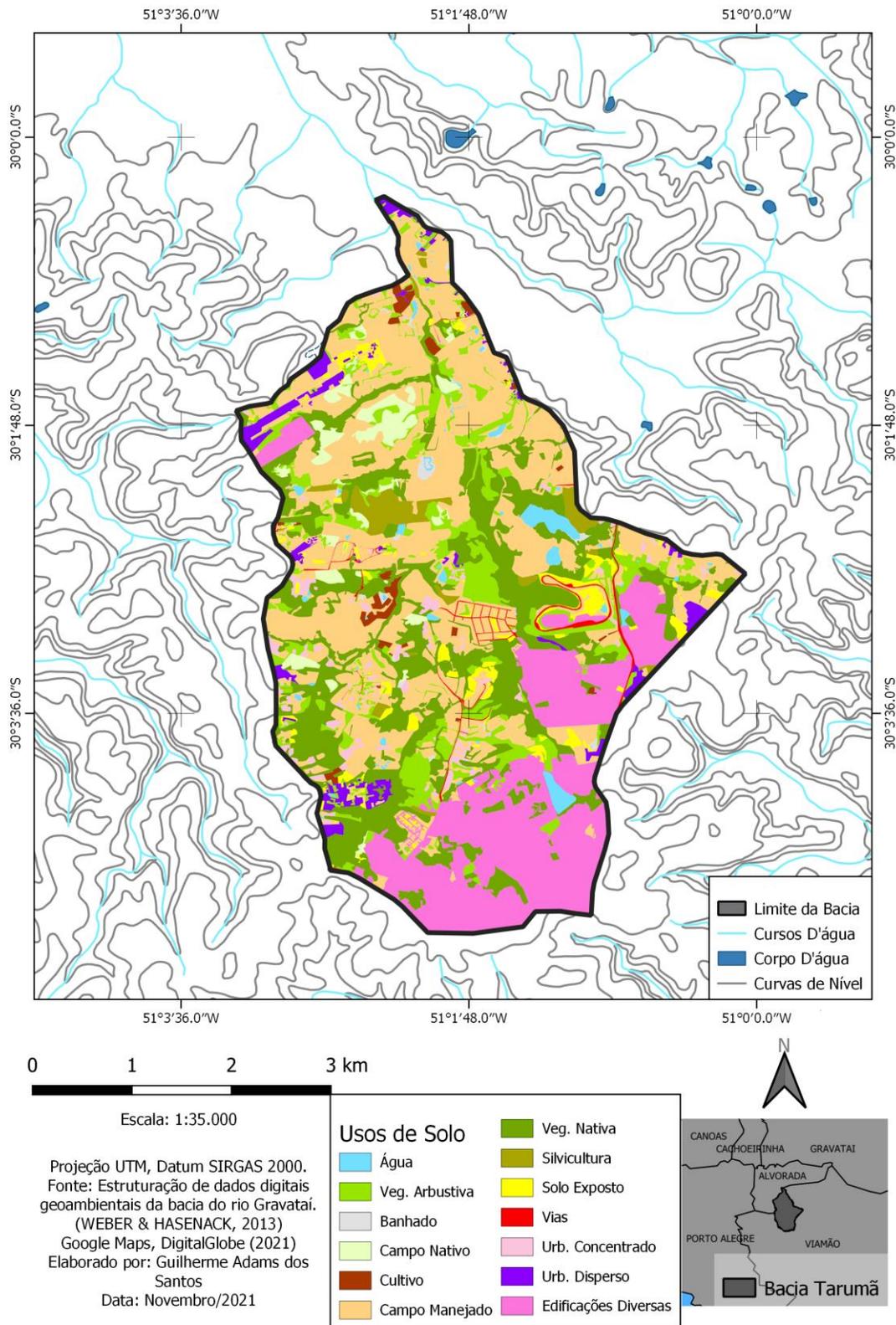
Uso do Solo	Área (km <sup>2</sup> )	Porcentagem na Bacia (%)
Campo Manejado	7,45	32,59
Mata Nativa	5,01	21,91
Urbano Concentrado	4,28	18,72
Vegetação Arbustiva	2,37	10,37
Solo Exposto	0,64	2,80
Urbano Disperso	0,63	2,76
Campo Nativo	0,60	2,62
Silvicultura	0,49	2,14
Edificações Diversas	0,44	1,92
Água	0,36	1,57
Vias	0,26	1,14
Cultivo	0,24	1,05
Banhado	0,08	0,35

**Fonte:** Hasenack et al (2008) e Fujimoto & Dias (2010)

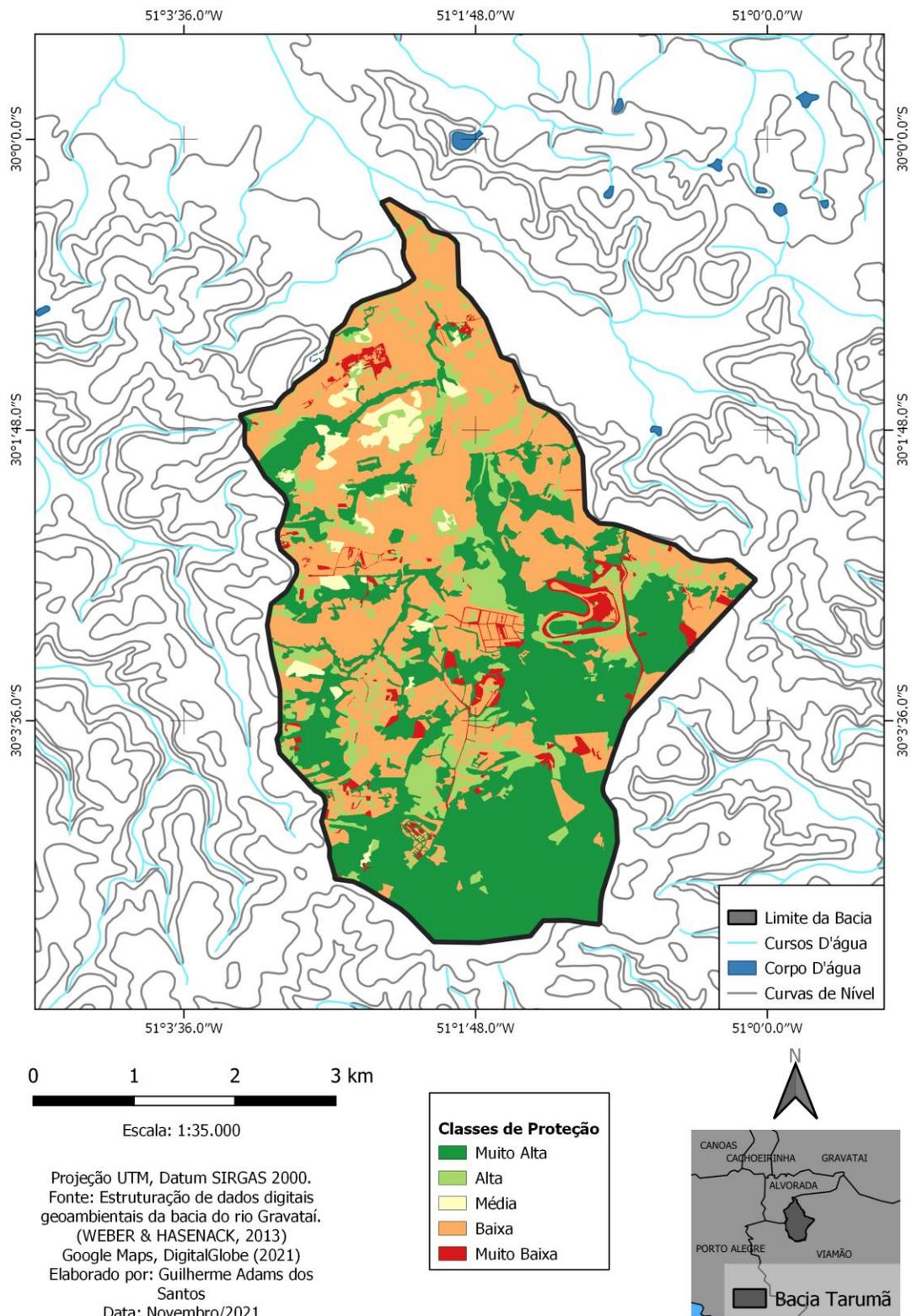
**Tabela 7:** Proteção dos Solos da Bacia Hidrográfica do Tarumã, área de abrangência e porcentagem na área.

Classes de Proteção	Uso e Ocupação do Solo	Área (km <sup>2</sup> )	Porcentagem na Bacia (%)
Muito Alta	Mata Nativa e Urbano Consolidado	9,29	40,64
Alta	Vegetação Arbustiva e Edificações Diversas	2,82	12,34
Média	Campo Nativo	0,60	2,62
Baixa	Corpos d'água, Banhado, Silvicultura, Cultivo, Campo Manejado e Urbano Disperso	9,25	40,46
Muito Baixa	Vias e Solo Exposto	0,90	3,94

**Fonte:** Ross (1994)



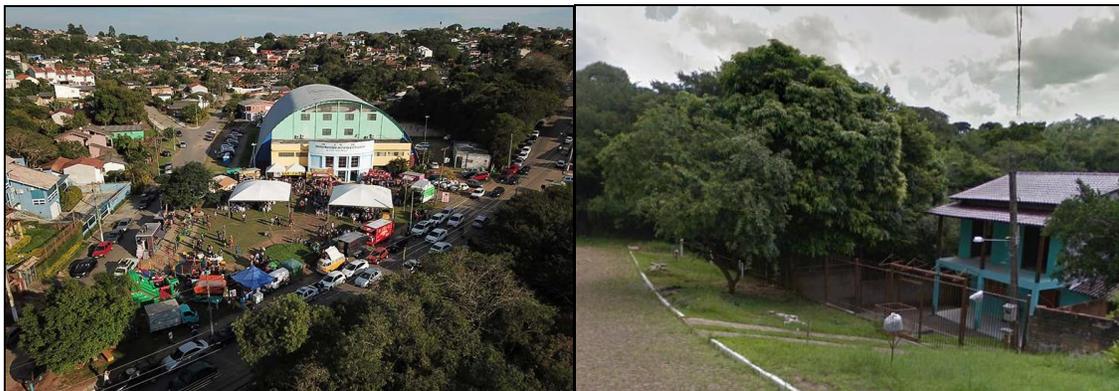
**Figura 18:** Mapa de Uso e Ocupação do Solo da Bacia Hidrográfica do Tarumã  
 Fonte: Hasenack (2010) e Imagem DigitalGlobe/Google



**Figura 19:** Mapa dos Graus de Proteção do Solo da Bacia Hidrográfica do Tarumã  
**Fonte:** Ross (1994)

O nível de vegetação expressiva (nativa e arbustiva) se estende por cerca de 32% da área do local de estudo, localizadas principalmente ao longo dos corpos d'água, como mata ciliar que cobre os cursos d'água mapeados. A categoria de Mata Nativa (21,91%) apresenta o maior nível proteção dos solos à bacia, pois apresenta vegetação densa e homogênea. Homogêneo também, se apresentam os Consolidados Urbanos (18,72%), que apresentam alto nível de transformação do solo por terem estratos de depósitos tecnogênicos avançados, característicos de ocupações urbanas presentes há mais de uma década no local. Justifica-se a categorização deste item na classe muito alta de proteção devido à compactação do solo que, numa escala geral e no local de estudo, mantém estas áreas estabilizadas quanto a fragilidade do ambiente.

A vegetação arbustiva, localizada em 10,37% da área da bacia, é composta por vegetação em estágio sucessional (capoeira/vassoural) e faz parte da segunda categoria que mais exerce proteção aos solos da bacia, por possuir extrato arbustivo e a presença de alguns elementos arbóreos. Também nesta categoria, foram incluídas as edificações diversas presentes no local de estudo (1,92%), representadas por sítios, sedes campestres e antenas, que por muito se localizarem no meio de matas nativas e de campos arbustivos, e longe de áreas de solos expostos, exercem pouco grau de fragilidade ambiental.



**Figura 20:** Imagens de áreas urbanizadas e rurais que apresentam a vegetação arbustiva e a mata nativa nos bairros Tarumã e Centro Histórico, respectivamente.

**Fonte:** Paulo – Viamão Antigo (2019) e Google (2019)

A pequena quantia de campos nativos (2,62%) na bacia se localizam circundados por áreas de mata nativa e vegetação arbustiva, e que apresentam mais suscetibilidade à pressão antrópica e pisoteio de animais, por apresentarem vegetação herbácea composta por gramíneas. É a única categoria de uso e ocupação do solo que se encaixa na classe de proteção média.

Conforme visualizado na Figura 18, há predominância dos Campos Manejados em cerca de 32% da área da bacia, localizados por extensões fora dos concentrados urbanos, e se caracterizam por serem campos manejados para ocasional pastagem e criação de animais, e apresentar vegetação herbácea na maior parte do ano. Também se encontram fortemente nos limites visíveis, dentro da bacia, dos consolidados urbanos do Centro Histórico e bairros Tarumã e Jardim Itapema. Em menor proporção há a presença de corpos d'água (1,57%), representado por corpos como o Lago Tarumã, em alto nível de eutrofização, alguns cursos d'água realocados de seu curso original para uso em cultivos, açudes e porções de água junto a pequenos banhados (0,35%), que se localizam em propriedades e terrenos para usos diversos; cultivos (1,05%) que em geral estão inseridos em propriedades específicas, majoritariamente para cultivo de hortaliças e arroz; áreas bem visíveis de reflorestamento (2,14%); e a presença de estruturas urbanas dispersas (2,76%), indicando presença de desmatamento, solos expostos e recente ocupação antrópica. Essas seis categorias (Corpos d'água, Banhado, Silvicultura, Cultivo, Campo Manejado e Urbano Disperso) juntas somam uma área que ocupa mais de 40% da bacia, exercendo baixo grau de proteção ao solo.



**Figura 21:** Área de cultivo e campos manejados (à esquerda) e pequeno e raso lago (à direita) localizados ao longo da Av. Mendanha.

**Fonte:** Google (2019)

As demais categorias: Vias (1,14%) representando algumas estradas vicinais que ligam os centros urbanos à sítios e outras edificações, além de estradas e loteamentos localizados ao longo da bacia; e Solo Exposto (2,80%) representando áreas de solos em preparo para cultivo, áreas de corte e áreas expostas em loteamentos em expansão. As vias que cortam leitos de rios, os solos expostos em áreas sem vegetação, impermeabilizados ou não, exercem grau fraco a nulo de proteção ao solo, classificados, conforme a metodologia de Ross (1994) de proteção Muito Baixa, abrangendo pouco menos de 4% da área de estudo.



**Figura 22:** Áreas de Solo exposto, à esquerda, no bairro Piratini ao norte, à direita, em um loteamento sem nome, junto a madeira de reflorestamento.

**Fonte:** Google (2018 e 2019)

### 5.7 Mapa de Fragilidade Ambiental Emergente

O produto final, Mapa de Fragilidade Ambiental Emergente considera os elementos da Fragilidade Ambiental Potencial (geomorfologia, solos e declividade), relacionados ao Mapa de Fragilidade dos Usos e Ocupação dos Solos, baseados na interferência antrópica exercida na área de estudo. O mapa foi produzido da mesma maneira que o Mapa de Fragilidade Ambiental Potencial, mas no cruzamento, foi ponderado com mais relevância as informações de Uso de Solo por serem o fator principal de diferença entre a Fragilidade Potencial e Emergente.

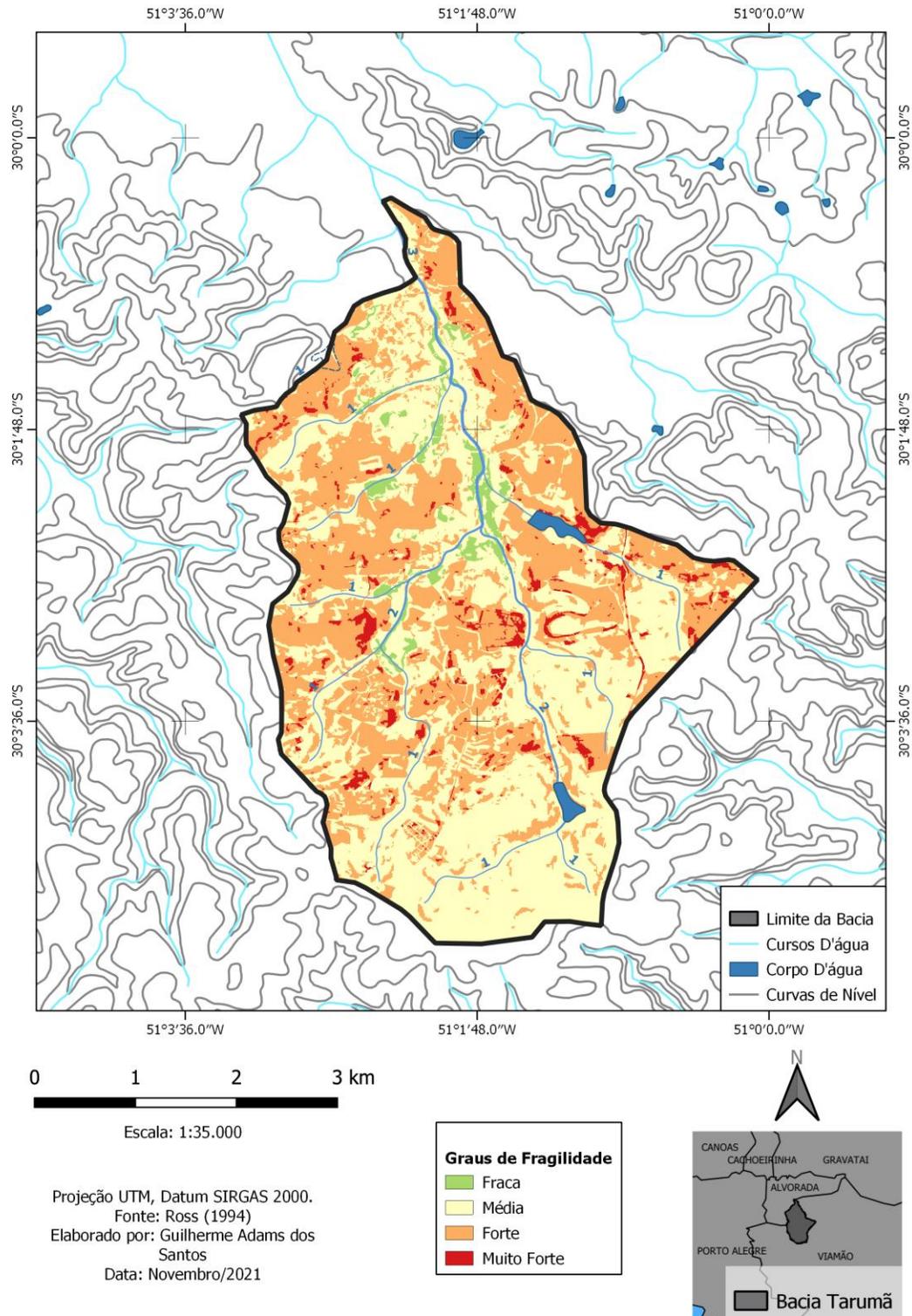
Na Tabela 8 podem-se verificar as áreas e porcentagem das Classes de Fragilidade Ambiental Emergente da Bacia Hidrográfica do Tarumã, destacando que a classe de fragilidade Muito Fraca não foi encontrada.

**Tabela 8:** Fragilidade Ambiental Emergente da Bacia Hidrográfica do Tarumã e suas respectivas áreas e porcentagem de abrangência.

<b>Fragilidade Emergente</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Porcentagem na Bacia (%)</b>
Muito Fraca	-	-
Fraca	0,64	2,80
Média	11,66	51,00
Forte	9,70	42,43
Muito Forte	0,86	3,76

**Fonte:** Ross (1994)

A figura 23 apresenta o mapa da Fragilidade Ambiental Emergente da Bacia Hidrográfica do Arroio Lami.



**Figura 23:** Mapa da Fragilidade Ambiental Emergente da Bacia Hidrográfica do Tarumã  
**Fonte:** Ross (1994)

A Bacia Hidrográfica do Tarumã apresenta poucas áreas com os graus mais baixos de fragilidade, devido à urbanização e manejo de campos presentes na bacia, com uma drenagem de pouca vazão.

Os graus de fragilidade fracos, embora poucos (2,80%), se encontram nos arredores dos mais relevantes corpos d'água, em especial à jusante da bacia. Isto ocorre devido à presença forte de mata ciliar nativa nestes percursos, característica que mantém esta zona da Bacia Hidrográfica do Tarumã em um nível relevante de preservação dos corpos hídricos, e demonstra ser a área com menor influência antrópica desta.

Em seguida, apresentando a maior área, encontra-se a Fragilidade Média, relacionada aos centros urbanos mais antigos e, portanto, consolidados (material estável pela permeabilização) e às áreas menos inclinadas e de topografia mais baixa, apresentando algumas das maiores coberturas vegetais nas planícies de inundação. Há forte presença de vegetação dentro dos perímetros urbanos, demonstrando o nível de interação antrópico-natureza, ao se visualizar em nível terrestre, aéreo ou orbital.

A segunda classe de maior abrangência é a de Fragilidade Forte, e representam a maior parte das áreas de ocupação recente (com grande desmatamento e solos expostos pela criação de vias e moradias), que ocorrem na periferia da bacia, em especial a oeste e noroeste, onde se localiza o município de Alvorada. Também se ligam com algumas das maiores declividades, além das áreas com presença de cultivos e silvicultura, que estão bem distribuídas longe dos centros urbanos.

Por fim, em áreas mais restritas, mas essenciais para análise, estão localizados em torno de 3% da bacia, os locais com Fragilidade Muito Forte. Estes também são relacionados às áreas de ocupação recente, envolvendo desmatamento e criação de solo exposto. Também são devidamente localizados nas maiores declividades, com os mais altos níveis topográficos, e de geomorfologia mais forte, onde há a presença de solos PV1 e PV2, o argissolo vermelho-amarelo, de fragilidade forte.

## 6- CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Bacia Hidrográfica do Tarumã, de modo geral, se apresenta como uma bacia rururbana dentro do perímetro urbano do município de Viamão, contendo grandes estratos consolidados e perspectivas de expansão urbana; interesses imobiliários diversos; áreas de mata nativa ao longo dos cursos d'água e extensos campos nativos e manejados; extensa área plana a jusante dos corpos d'água e suaves colinas a montante e, em 2021, algumas áreas de solo exposto e de exploração mineral.

Apresenta, assim, mais de 93% de sua área com Média à Forte Fragilidade Emergente, o que decorre principalmente das grandes áreas de campo manejado e de exploração, com pouca preservação, e em urbanização.

A Fragilidade Ambiental Potencial da área de estudo apresenta-se entre Média e Forte, com 33,68% da área total com Médio grau e 56,73% como Forte grau de Fragilidade Potencial, decorrentes principalmente de suas diferenças topográficas, aonde nas áreas mais altas se encontram solos consolidados e argissolos permeáveis, e nas áreas menos declivosas a planas, solos hidromórficos, rasos, de baixa drenagem e bem afetados pela presença antrópica, favorecendo tanto processos erosivos (nas áreas declivosas) como de inundação nas áreas planas de solos saturados, áreas estas às margens de arroios que, no geral, tem menos povoamento.

Apesar da presença de cultivos e de áreas de silvicultura, a atenção dos governos municipais deve ser redirecionada para a presença de loteamentos inutilizados, de interesses imobiliários nas últimas décadas, além da expansão urbana em geral que se localiza na periferia oeste da bacia. As atividades agroecológicas não apresentam risco, se bem manejadas, e a presença de mata nativa ao longo dos corpos d'água contribuem para reduzir os problemas ambientais causados pela agricultura convencional.

Visto que se localiza dentro da bacia o Autódromo de Tarumã, o Lago Tarumã e o Centro Histórico, é importante fortalecer a identidade da região com o turismo ecológico, como na Quinta da Estância Grande, localizada na bacia vizinha, à leste da área de estudo. Trabalhar junto dos esforços já existentes para se preservar o Lago

Tarumã é importante para aumento da conscientização da comunidade do entorno sobre o lugar em que moram, que contém diversos planos de condomínios fechados e abertos, que muito ainda falham em cumprir as expectativas de moradia e manifestam áreas de solo desprotegido. Também é importante que a população se conscientize do Plano Diretor dos municípios e de suas propostas, expansão de setores industriais, que cada vez mais se afastam da capital, Porto Alegre.

A metodologia de Ross (1994) e suas conseqüentes adaptações e execuções ao longo dos anos demonstram a possibilidade de um estudo integrado utilizando, no caso em estudo, dados hidrográficos, topográficos, hipsométricos, clinográficos, geomorfológicos, pedológicos, de uso e ocupação de solo, imagens de satélite e aeroespaciais, além de técnicas de geoprocessamento.

Essa metodologia, apesar de datada e ter quase três décadas desde sua criação, oferece grandes oportunidades de variação metodológica, e consegue ser adaptada para vários locais de estudo. Apesar de serem usados, em grande parte, dados e técnicas referentes à Geografia Física, o resultado final proporciona uma análise sócioambiental que, apesar de não ser detalhada, permite-se ao pesquisador ter uma noção final para a integração dos dados de várias áreas da ciência geográfica.

O estudo possibilitou o levantamento dos dados mais atualizados da área da Bacia Hidrográfica do Tarumã junto com a realidade ambiental. Assim se verifica que através do levantamento de dados do meio físico e social de forma interligada e organizados através da noção central de Graus de Fragilidade Ambiental Potencial e Emergente em bacias hidrográficas, se produz material de utilidade pública. As secretarias de planejamento dos municípios podem usar estudos com a metodologia usada neste para a valorização de regiões e implementação de políticas de ordenamento nestas para uma melhor gestão dos recursos naturais e da população, dentro de uma ótica conservacionista, preservacionista e que mantenha um desenvolvimento sustentável.

## 7- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALENTEJANO, P. R. R. & ROCHA-LEÃO, O. M. **Trabalho de campo: Uma ferramenta especial para os geógrafos ou um instrumento banalizado?** Boletim Paulista de Geografia, São Paulo, ed. 84, p. 51-68, 2006. ISSN 2447-0945. Disponível em: < <https://agb.org.br/publicacoes/index.php/boletim-paulista/issue/view/57> >. Acesso em: 04/2021.

AMORIM, R. S. S.; SILVA, D. D.; PRUSKI, F. F.; MATOS, T. A. **Influência da declividade do solo e da energia cinética de chuvas simuladas no processo de erosão entre sulcos.** Gestão e Controle Ambiental, Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental, ed. 5, Abr 2001. Disponível em: < <https://doi.org/10.1590/S1415-43662001000100023> >. Acesso em: 10/2021.

ASF DAAC 2015, **ALOS PALSAR\_Radiometric\_Terrain\_Corrected\_low\_res**; Inclui material © JAXA/METI 2007. Disponível em: < [asf.alaska.edu](http://asf.alaska.edu) >. Acesso em: 08/2021. DOI: <https://doi.org/10.5067/JBYK3J6HFSVF>

BACANI, V. M.; SAKAMOTO, A. Y.; LUCHIARI, A.; QUÉNOL, H. **Sensoriamento Remoto e SIG Aplicados à Avaliação da Fragilidade Ambiental de Bacia Hidrográfica.** Mercator - Revista de Geografia da UFC, vol. 14, nº. 2, 2015, pp.119-135. Redalyc, disponível em: < <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=273641071009> >. Acesso em: 04/2021.

BARBOSA, R. V. R.; BARBIRATO, G. M.; VECCHIA, F. A. S. **Vegetação Urbana: análise experimental em cidade de clima quente e úmido.** Curitiba: ENCAC-COTEDI, 2003. Disponível em: < [https://www.researchgate.net/publication/267412405\\_Vegetacao\\_urbana\\_analise\\_experimental\\_em\\_cidade\\_de\\_clima\\_quente\\_e\\_umido](https://www.researchgate.net/publication/267412405_Vegetacao_urbana_analise_experimental_em_cidade_de_clima_quente_e_umido) >. Acesso em: 10/2021.

BARBOZA, E. G.; ROSA M. L. C. C.; AYUP-ZOUAIN R.N. **Cronoestatigrafia da Bacia de Pelotas: uma revisão das sequências deposicionais**. Gravel. Porto Alegre, vol. 6, nº. 1, pp. 125-138. Junho de 2008. Disponível em: < [https://www.ufrgs.br/gravel/6/1/Gravel\\_6\\_V1\\_09.pdf](https://www.ufrgs.br/gravel/6/1/Gravel_6_V1_09.pdf) > Acesso em: 09/2021.

BARCELLOS, Tanya M de. **Características Recentes dos Deslocamentos Populacionais na Região Metropolitana de Porto Alegre: características dos anos 80**. Anais do XIII Encontro Nacional de Estudos Populacionais. Ouro Preto, 2002. Sessão Temática 9. Disponível em: < <http://www.abep.org.br/publicacoes/index.php> >. Acesso em: 04/2021

BERTALANFFY, L.Von . **Teoria Geral dos Sistemas**. Petrópolis: Vozes. 1977. 351p

BERTRAND, G. **Paisagem e Geografia Física global: esboço metodológico**. São Paulo: Instituto de Geografia da USP. Cadernos de Ciências da Terra, 13, 1972.

BOTELHO, R.G.M. **Planejamento Ambiental em Microbacia Hidrográfica**. In: GUERRA, A.J.T; SILVA, A.S.; BOTELHO, R.G.M. (orgs). Erosão e conservação dos solos – conceitos, temas e aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Brasil: Recursos Hídricos: componente da série de relatórios sobre o estado e perspectivas do meio ambiente no Brasil**. Agência Nacional de Águas/Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. Brasília: MMA; ANA, 2007. 264 p.: il. GEO Brasil Série Temática: GEO Brasil Recursos Hídricos.

CÂMARA, G; MONTEIRO, A.M.V. **Introdução à Ciência da Geoinformação**. INPE. São José dos Campos. 2001. Disponível em: < <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/index.html> >. Acesso em: 10/2021.

CPRM –Serviço Geológico do Brasil. **GeoSBG –Bases de Dados**. 2013. Disponível em: < <http://geosgb.cprm.gov.br/> >. Acesso em: 09/2021.

CREPANI, E; MEDEIROS, J. S; AZEVEDO, L, G; DUARTE, V; HERNANDEZ, P; FLORENZANO, T; BARBOSA, C. Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicados ao Zoneamento Ecológico-Econômico e ao Ordenamento Territorial. INPE, São José dos Campos, São Paulo, 2001. Disponível em: < <http://sap.ccst.inpe.br/artigos/CrepaneEtAl.pdf> >. Acesso em: 10/2021.

CUNHA, S.B; GUERRA, A.J.T. **Degradação Ambiental**. In: GUERRA, A.J.T., CUNHA, S.B. Geomorfologia e Meio Ambiente. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 2010. 9ed. P337-396.

DE LIMA, Adalto Gonçalves. A bacia hidrográfica como recorte de estudos em geografia humana. **Geografia (Londrina)**, v. 14, n. 2, p. 173-184, 2010. Disponível em: < <https://www.researchgate.net/profile/Adalto-Lima> >. Acesso em: 05/2021.

DONHA, A. G.; SOUZA, L. C. P.; SUGAMOSTO, M. L. **Determinação da fragilidade ambiental utilizando técnicas de suporte à decisão e SIG**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.10, n.1, p.175-181, 2006. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v10n1/v10n1a26> > Acesso em: 04/2021

EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Solo – Rio de Janeiro, RJ. **Sistema Brasileiro de classificação de Solos**. 5º ed, Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/solos/sibcs> >. Acesso em: 09/2021.

ESTADO DE SÃO PAULO. **Solos do Estado de São Paulo**. Secretaria de Agricultura e Abastecimento. São Paulo, 2015. Disponível em: < <https://www.iac.sp.gov.br/solosp/> >. Acesso em 10/2021.

FUJIMOTO, N. S. V. **A urbanização brasileira e a qualidade ambiental.** Em: SUERTEGARAY, D. M. A.; BASSO, L. A.; VERDUM, R. (Orgs.). *Ambiente e Lugar no Urbano - A Grande Porto Alegre*: Ed. UFRGS, 2000. p. 47-63.

FUJIMOTO, N. S. V. M.; DIAS, T. S. **Estudo sobre a suscetibilidade à inundação do Setor Sul do Município de Porto Alegre-RS: Bacia Hidrográfica do Arroio do Salso.** In: VIII Simpósio Nacional de Geomorfologia, 2010, Recife - PE. VIII Simpósio Nacional de Geomorfologia, 2010. Disponível em: < <http://lsie.unb.br/ugb/sinageo/8/10/34.pdf> >. Acesso em: 11/2021.

FUJIMOTO, N. S. V. M.; SCHMITZ, C.M. **Mapeamento Geomorfológico Aplicado a Análise Ambiental do Município de Viamão - RS.** *Ciência e Natura*, UFSM, Santa Maria, RS. p. 219-233. 2012.

GOUVEIA, I. C. M. C; RODRIGUES, C. **Mudanças morfológicas e efeitos hidrodinâmicos do processo de urbanização na bacia hidrográfica do rio Tamandateí – Região Metropolitana de São Paulo.** *GEOUSP (Online)*, 21(1): 257-283. Disponível em: < <https://doi.org/10.11606/issn.2179-0892.geousp.2017.105342> >. Acesso em: 10/2021.

GUASSELLI, L. A.; BELLOLI, T.; SIMIONI, J. P.; ETCHELAR, C. B.; BRENNER, V. C. **Caracterização da Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí.** In *Áreas úmidas: questões ambientais*. Primeira edição. Editora Imprensa Livre. Porto Alegre, 2018. 347p.

HASENACK, H.; WEBER, E.(org.) **Base cartográfica vetorial contínua do Rio Grande do Sul - escala 1:50.000.** Porto Alegre: UFRGS Centro de Ecologia. 2010. 1 DVD-ROM. (Série Geoprocessamento n.3). ISBN 978-85-63483-00-5 (livreto) e ISBN 978-85-63843-01-2 (DVD).

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico**. Banco de dados agregados: Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA. Disponível em: < [www.sidra.ibge.gov.br](http://www.sidra.ibge.gov.br) >. Acesso em: 11/2019.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades – Alvorada, panorama**. Disponível em: < <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/alvorada/panorama> >. Acesso em: 11/2021.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Limite vetorial do Brasil. Escala 1:1.000.000**. Disponível em: < <http://www.ibge.gov.br/home> >. Acesso em: 05/2021.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapa de Solos da Folha SH.22 – Porto Alegre. Escala 1:250.000**. Disponível em: < [https://dados.gov.br/dataset/cren\\_pedologias22](https://dados.gov.br/dataset/cren_pedologias22) >. Acesso em: 05/2021.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Vegetação Brasileira 1:5.000.000**. 2004. Disponível em: < <https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/vegetacao/10872-vegetacao.html?=&t=acesso-ao-produto> >.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Climatologia - Gráficos Climatológicos**. Disponível em: < <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inmet> >. Acesso em: 10/2021.

JANNUZZI, P. M; MIRANDA, W. L; SILVA, D. S. G. **Análise multicritério e tomada de decisão em políticas públicas: aspectos metodológicos, aplicativo operacional e aplicações**. Informática Pública, 11(1), 69-87. Disponível em: < [https://www.researchgate.net/publication/228421871\\_Analise\\_Multicriterio\\_e\\_Tomada\\_de\\_Decisao\\_em\\_Politicas\\_Publicas\\_Aspectos\\_Metodologicos\\_Aplicativo\\_Operacional\\_e\\_Aplicacoes](https://www.researchgate.net/publication/228421871_Analise_Multicriterio_e_Tomada_de_Decisao_em_Politicas_Publicas_Aspectos_Metodologicos_Aplicativo_Operacional_e_Aplicacoes) >. Acesso em: 10/2021.

KUINCHTNER, A. & Buriol, G. A. **Clima do estado do Rio Grande do Sul segundo a classificação climática de Köppen e Thornthwaite**. *Disciplinarum Scientia. Série: Ciências Exatas*, Santa Maria, v.2, n.1, p.171-182, 2001. Disponível em: < <https://periodicos.ufn.edu.br/index.php/disciplinarumNT/article/viewFile/1136/1077> >. Acesso em: 10/2021.

MARTINS, Clitia Helena Backx. Região Metropolitana de Porto Alegre: Dinâmica legal e institucional. **Indicadores Econômicos FEE**, Rio Grande do Sul, v.20, n. 2, p. 142-159, 1992. Disponível em: < <https://revistas.planejamento.rs.gov.br> >. Acesso em: 03/2021.

MEDEIROS, J.S. & CAMARA, G. **Geoprocessamento para Projetos Ambientais**. INPE. São José dos Campos. 2001. Disponível em: < <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/> >. Acesso em: 11/2019.

MOURA, N.V.S.; HASENACK, H.; SILVA, L.L. **Mapa geomorfológico dos municípios de Porto Alegre, Viamão e Alvorada - RS**. Porto Alegre: UFRGS - IB - Centro de Ecologia. 2013. ISBN 978-85-63843-10-4. Disponível em: < <http://www.ecologia.ufrgs.br/labgeo> >. Acesso em: 09/2021.

MOREIRA, LUIZA G. R. **Análise da fragilidade ambiental do município de Cambará do Sul – RS**. Dissertação (Mestrado Geografia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013. Disponível em: < <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/76853> >. Acesso em: 04/2021.

NERY, J.T. **Dinâmica climática da região Sul do Brasil**. *Revista Brasileira de Climatologia*, v.1, n.1, p.61-75, 2006. Disponível em: < <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/rbclima/article/view/13439> >. Acesso em: 10/2021.

OLIVEIRA, M. **A Antiga e a Nova Classificação de Solos do Brasil**. Moisés de Oliveira, Fortaleza, Maio 2016. Disponível em: < <http://moises-de-oliveira.blogspot.com/2016/05/a-antiga-e-nova-classificacao-dos-solos.html> > Acesso em: 09/2021.

QGIS.org, 2019. QGIS 3.10. **Geographic Information System User Guide**. QGIS Association. Disponível em: < [https://docs.qgis.org/3.10/en/docs/user\\_manual/index.html](https://docs.qgis.org/3.10/en/docs/user_manual/index.html) >. Acesso em: 05/2021.

RAMOS, R.C. **Complexo ofiolítico Arroio Grande, sudeste do Escudo Sul-Rio-Grandense: caracterização e discussões das unidades ortoderivadas**. Orientador: Edinei Koester. 2014. 81 p. Dissertação de Mestrado (Mestre em Geociências) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014. Disponível em: < <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/94680> >. Acesso em: 09/2021.

ROSA, A. S. **Solos do Rio Grande do Sul**. Apresentação realizada no Instituto Federal Farroupilha. Alegrete – RS. 2012. Disponível em: <https://pt.slideshare.net/alessandrosamuelrosa/solos-do-rio-grande-do-sul>. Acesso em: 09/2021

ROSS, J.L.S. **O registro cartográfico dos fatos geomorfológicos e a questão da taxonomia do relevo**. Revista do Departamento de Geografia, São Paulo, n.6. 1992. p17-29. DOI: 10.7154/RDG.1992.0006.0002. Disponível em: < <https://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/47108> >. Acesso em: 09/2021.

ROSS, J.L.S. **Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados**. Revista do Departamento de Geografia, São Paulo, n.8. 1994. p63-75.

ROSS, J.L.S. **Geomorfologia: Ambiente e Planejamento**. 8ª edição. São Paulo: Contexto, 2007 (Repensando a Geografia). 85p.

SABOYA, R. T. **Análises espaciais em planejamento urbano.** *Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais*, 2, 61–79, 2000. Disponível em: < [https://www.researchgate.net/publication/235436779\\_Analises\\_espaciais\\_em\\_planejamento\\_urbano\\_novas\\_tendencias](https://www.researchgate.net/publication/235436779_Analises_espaciais_em_planejamento_urbano_novas_tendencias) >. Acesso em: 10/2021.

SADECK, L.W.R. **Metodologias de planejamento ambiental.** Belém-PA, 2009. Disponível em: < <https://geotecnologias.wordpress.com/2009/08/25/metodologias-de-planejamento-ambiental/> > Acesso em: 03/2021.

SCHNEIDER, Michelli de O. **Análise das Fragilidades Ambientais da Bacia Hidrográfica do arroio Lami, município de Porto Alegre e Viamão - RS.** Orientador: Nina Simone Vilaverde Moura Fujimoto. 2010. 81 p. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Geografia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010. Disponível em: < <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/28472> >. Acesso em: 04/2021.

SILVA, R. C. **Estudo da dinâmica da fragilidade ambiental na bacia hidrográfica do rio Gravataí, RS.** Orientador: Emanuel Fernando Reis de Jesus. 2016. 330 f. Tese de doutorado (Doutor em Geografia) - Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2016. Disponível em: < <https://repositorio.ufba.br/ri/handle/ri/20630> > Acesso em: 10/2021.

SILVA FILHO, P.J.S; MONDIN, C.A. **Composição florística e relações fitogeográficas do componente arbóreo de remanescentes florestais no entorno do Lago Tarumã, Viamão, Rio Grande do Sul, Brasil.** *Revista Brasileira de Biociências*, Porto Alegre, v. 15, ed. 4, p. 159-168, out/dez 2017. DOI ISSN 1980-4849. Disponível em: < <https://www.seer.ufrgs.br/rbrasbioci/article/view/114605/61909> >. Acesso em: 09/2021.

SILVEIRA, A.L.L., **Ciclo Hidrológico e Bacia Hidrográfica.** Em: TUCCI, C.E.M (orgs.). 1997. *Hidrologia: ciência e aplicações*. 2º edição. Porto Alegre: Editora da Universidade: ABRH, p.35-51.

SOARES, P. R. R. **A Região Metropolitana de Porto Alegre nos (des) caminhos da metropolização brasileira.** In: FEDOZZI, L.; SOARES, P. R. R. (ed.). Porto Alegre: transformações na ordem urbana. Rio de Janeiro: Letra Capital, 2015. cap. 2, p. 42-72. ISBN 978-85-7785-341-0. Disponível em: < <https://www.researchgate.net/profile/Paulo-Soares> > Acesso em: 03/2021.

SPÖRL, C. **Metodologia para elaboração de modelos de fragilidade ambiental utilizando redes neurais** [tese]. São Paulo: Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 2007. Disponível em: < <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8135/tde-10102007-145640/en.php> >. Acesso em: 10/2021.

STRAHLER, A.N. 1957. **Quantitative analysis of watershed geomorphology.** Trans. Amer. Geoph. Union 38:913-920. Disponível em: < <https://pdodds.w3.uvm.edu/files/papers/others/1957/strahler1957a.pdf> > Acesso em: 10/2021.

TRICART, J. **Ecodinâmica.** Rio de Janeiro. IBGE/ SUPREN.1977.91p.

VALÉRIO-FILHO, M.; ALVES, M.; GARCIA, R.; FANTIN, M. **Caracterização de bacias hidrográficas impermeabilizadas pelo processo de urbanização com o suporte de geotecnologias.** In Anais XI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Belo Horizonte - MG, Abril, INPE, pp. 1977- 1983, 2003. Disponível em: < [http://marte.sid.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2002/11.18.19.23/doc/14\\_422.pdf](http://marte.sid.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2002/11.18.19.23/doc/14_422.pdf) >. Acesso em : 10/2021.

VIAMÃO, Prefeitura Municipal de. **A cidade-dormitório desperta para o desenvolvimento.** 2014. Disponível em: < <https://www.viamao.rs.gov.br/portal/noticias/0/3/1082/a-cidade-dormitorio-desperta-para-o-desenvolvimento> >. Acesso em: 05/2021.

WEBER, E.J.; HASENACK, H. 2013. **Estruturação de dados digitais geoambientais da bacia do rio Gravataí**. Porto Alegre, UFRGS-IB-Centro de Ecologia. ISBN 978-85-63843-09-8. Disponível em: < <http://www.ecologia.ufrgs.br/labgeo> >. Acesso em: 09/2021.

ZANINI, L. F. P; PIMENTEL, G. de B; ORLANDI FILHO, V. **Projeto plano diretor de mineração da região metropolitana de Porto Alegre**. Mapa geológico Integrado. 2006. Rio Grande do Sul: CPRM. Disponível em < <http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/17380> >. Acesso em: 04/2021.

ZIMBACK, C. R. L. **Formação dos Solos**. GEPAG, FCA, UNESP. 2003. Botucatu. Disponível em: < [http://files.huigorflr.webnode.com/200000013-ee2f3ef264/Apostila\\_Formacao\\_solo\\_ZIMBACK\\_2003\\_Unesp\\_Botucatu.pdf](http://files.huigorflr.webnode.com/200000013-ee2f3ef264/Apostila_Formacao_solo_ZIMBACK_2003_Unesp_Botucatu.pdf) >. Acesso em: 10/2021.