

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS  
CENTRO DE ENGENHARIAS  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA GEOLÓGICA**



**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-HÍDRICA E MORFOLÓGICA DE SOLOS EM ÁREAS  
ÚMIDAS NA REGIÃO NORTE DO MUNICÍPIO DE PELOTAS/RS**

**BETHÂNIA MACHADO FIGUEIREDO**

**Pelotas, 2022**

**BETHÂNIA MACHADO FIGUEIREDO**

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-HÍDRICA E MORFOLÓGICA DE SOLOS EM ÁREAS  
ÚMIDAS NA REGIÃO NORTE DO MUNICÍPIO DE PELOTAS/RS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Geológica, do Centro de Engenharias da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Geológica.

Orientador: Prof. Dr. Luis Eduardo Akiyoshi Sanches Suzuki

Pelotas, 2022

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas  
Catalogação na Publicação

F476c Figueiredo, Bethânia Machado

Caracterização físico-hídrica e morfológica de solos em áreas úmidas na região norte do município de Pelotas/RS / Bethânia Machado Figueiredo ; Luis Eduardo Akiyoshi Sanches Suzuki, orientador. — Pelotas, 2022.

100 f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Geológica) — Centro de Engenharias, Universidade Federal de Pelotas, 2022.

1. Expansão urbana. 2. Solos hidromórficos. 3. Banhado. 4. Condutividade hidráulica. I. Suzuki, Luis Eduardo Akiyoshi Sanches, orient. II. Título.

CDD : 622.12

BETHÂNIA MACHADO FIGUEIREDO

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-HÍDRICA E MORFOLÓGICA DE SOLOS EM ÁREAS  
ÚMIDAS NA REGIÃO NORTE DO MUNICÍPIO DE PELOTAS/RS**

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado, como requisito parcial, para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Geológica, Centro de Engenharias, Universidade Federal de Pelotas.

Data da Defesa: 28 de Novembro de 2022.

Banca Examinadora:

---

Prof. Dr. Luis Eduardo Akiyoshi Sanches Suzuki (Orientador)  
Doutor em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Santa Maria

---

Prof. Dr. Daniel Triboli Vieira  
Doutor em Geociências pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

---

Prof. Dr. Luiz Fernando Spinelli Pinto  
Doutor em Ciência do Solo pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

---

MSc. Mélory Maria Fernandes de Araújo  
Mestre em Engenharia Oceânica pela Universidade Federal de Rio Grande

## DEDICATÓRIA

As minhas tias avós:

A Hildeé de Oliveira Machado (*in memoriam*);  
A Maria Auxiliadora Machado Gregório (*in memoriam*);  
A Maria José Machado (*in memoriam*).

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a toda espiritualidade presente nesses anos e nesses momentos difíceis, aos meus pais de cabeça Iemanjá, Oxalá e Bará Agelú, e todos os meus guias, pelo amparo espiritual, emocional e psicológico.

Ao meu orientador, professor Luis Eduardo A.S. Suzuki pelo carinho, paciência e dedicação ao longo desses anos, e por despertar em mim o amor pelos solos. Sempre contribuindo com seus ensinamentos, sempre disponível e dedicado tornando possível a elaboração deste trabalho. Todo o meu reconhecimento, admiração e respeito.

Em especial a professora Idel Cristiana Bigliardi Milani, pelas palavras de conforto, pela paciência, amizade, carinho, e por todo apoio nesses anos. Todo o meu reconhecimento, admiração e respeito. Sou muito grata por ter você em minha vida, você é meu porto seguro!

Ao professor Daniel Triboli Vieira, pela amizade, carinho e incentivo ao longo do final de minha graduação. Que Deus possa iluminar seus caminhos hoje e sempre!

A Universidade Federal de Pelotas, em especial a PRAE, que possibilitou ao longo desses anos, por meio da assistência estudantil, que eu concluísse os meus estudos.

Aos meus colegas Jailton, Camila e Rafaela, pelo apoio fornecido durante as coletas de solos realizadas neste estudo, meu sincero agradecimento.

Ao meu colega e amigo Johny Barreto Alves, pela amizade, parceria e carinho, pois quando eu mais precisava de apoio, você sempre esteve por perto! Minha admiração e meu reconhecimento.

A minha mãe Maria Auxiliadora Machado Melo, mesmo longe, sempre me incentivou nos momentos mais agonizantes. O meu agradecimento e carinho.

Aos amigos, professores e terapeutas ocupacionais, Elcio e Rodrigo, pela amizade, carinho e conforto nas palavras nos diversos momentos vivenciados.

Agradeço a banca que compõe o presente estudo pelo aceite do convite e pelas devidas contribuições.

Enfim, agradeço a todos aqueles que de alguma forma contribuíram ou torceram pela concretização desta conquista.

Figueiredo, Bethânia Machado. **Caracterização físico-hídrica e morfológica de solos em áreas úmidas na região norte do município de Pelotas/RS.** 2022. 100f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Geológica) – Curso de Graduação em Engenharia Geológica, Centro de Engenharias, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2022.

## RESUMO

Entre os graves problemas decorrentes do crescimento não planejado dos municípios destacam-se aqueles relacionados ao meio físico e às atividades antrópicas indiscriminadas, como ocupação de áreas de várzea, áreas sujeitas a inundações, áreas com elevadas declividades e áreas com alta suscetibilidade a processos erosivos. A expansão imobiliária é algo necessário para o desenvolvimento de um município, além de favorecer a expansão em todos os seus arredores contribui para o desenvolvimento da cidade. No entanto, atrelada aos processos de expansão urbana, a preservação das áreas úmidas é de suma importância, uma vez que são ecossistemas estratégicos de conservação, possuem alta diversidade produtiva e biológica resultantes das relações estabelecidas entre solos, vegetação, fauna, clima e água. O presente estudo teve como objetivo caracterizar de forma físico-hídrica e morfológica os solos presentes em uma área localizada na região norte do município de Pelotas/RS e avaliar os possíveis impactos que a expansão imobiliária pode ocasionar. Foram realizadas a abertura de quatro perfis em áreas de baixa altitude (3 a 6m) (Perfil 1, 2 e 3) e alta altitude (12 a 18m) (Perfil 4) na área de estudo, para realização de descrição morfológica do solo e determinação da textura e densidade de partículas do solo utilizando solo com estrutura não preservada, e densidade, porosidade e condutividade hidráulica com amostras de solo com estrutura preservada. Devido à baixa condutividade hidráulica do solo e do nível freático elevado nas áreas mais baixas, além de serem áreas de recebimento de água pluvial das áreas mais elevadas, essas áreas são de extrema importância e elevada fragilidade ambiental. A expansão imobiliária de forma desordenada pode causar impactos irreversíveis, como a impermeabilização dos solos, aumento do escoamento superficial, aumento da probabilidade de inundações que podem provocar disseminação de doenças, comprometimento da qualidade das águas subterrâneas e

superficiais por meio de lançamentos de resíduos. Em relação a Resolução Consema 380/2018, sugere-se a revisão de alguns artigos nela pontuados, uma vez que o horizonte glei pode estar mais profundo que o indicado na resolução. Além disso, não é apenas o horizonte glei indicador de áreas úmidas, outras classes de solos também possuem características hidromórficas.

**Palavras-chave:** Expansão Urbana. Solos Hidromórficos. Banhado. Condutividade hidráulica.



Figueiredo, Bethânia Machado. **Caracterização físico-hídrica e morfológica de solos em áreas úmidas na região norte do município de Pelotas/RS.** 2022. 100f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Geológica) – Curso de Graduação em Engenharia Geológica, Centro de Engenharias, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2022.

## **ABSTRACT**

Among the serious problems arising from the unplanned growth of municipalities, those related to the physical environment and indiscriminate human activities stand out, such as the occupation of wetland areas, areas subject to flooding, areas with high slopes and areas with high susceptibility to erosion processes. The building expansion is necessary for the development of a municipality, in addition to favoring expansion in all its surroundings, it contributes to the development of the city. However, linked to urban expansion processes, the preservation of wetlands is of paramount importance, since they are strategic ecosystems for conservation, with high productive and biological diversity resulting from the relationships established between soils, vegetation, fauna, climate and water. The present study aimed to characterize, in a physical-hydric and morphological way, the soils present in an area located in the northern region of the municipality of Pelotas, Rio Grande do Sul state, and to evaluate the possible impacts that the building expansion can cause. Four profiles were opened in areas of lower altitude (3 to 6m) (Profile 1, 2 and 3) and higher altitude (12 to 18m) (Profile 4) in the study area, in order to perform a morphological description of the soil and determine the texture and density of soil particles, using soil with unpreserved structure, and bulk density, porosity and hydraulic conductivity with soil samples with preserved structure. Due to the low hydraulic conductivity of the soil and the high water table in the lower areas, in addition to being areas that receive rainwater from the higher areas, these areas are of extreme importance and high environmental fragility. The disorderly building expansion can cause irreversible impacts, such as soil sealing, increased surface runoff, increased probability of flooding that can cause the spread of diseases, impairment of the quality of groundwater and surface water through waste releases. Regarding Consema Resolution 380/2018, it is suggested to review some articles punctuated therein, since the glei horizon may be deeper than indicated in the

resolution. Furthermore, not only is the glei horizon an indicator of wetlands, other soil classes also have hydromorphic characteristics.

Keywords: Urban Expansion. Hydromorphic Soils. Wetlands. Hydraulic conductivity.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Ilustração das províncias geomorfológicas situadas no estado do Rio Grande do Sul. 20
- Figura 2 - Mapa indicando as regiões fitoecológicas do município de Pelotas - RS, sendo que grande parte da área de estudo se concentra na área de estepe/floresta estacional. 22
- Figura 3 - Mapa da Bacia Hidrográfica do Arroio Santa Bárbara (BHASB) no município de Pelotas-RS e localização da área de estudo. 23
- Figura 4 - Mapa de localização. Área de estudo em contexto Continental (A), Federal (B) e Municipal (C). Fonte de dados: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Base Cartográfica Contínua na escala 1:250000, e Google Earth Satélite. 44
- Figura 5 - Mapa das Regiões Administrativas do Município de Pelotas-RS. A área de estudo localiza-se entre os bairros Três Vendas, Centro e uma parte mínima do bairro Fragata. 45
- Figura 6 - Mapa de localização dos quatro perfis (trincheira) e das tradagens realizadas na área de estudo. 46
- Figura 7 - Registro fotográfico de trabalho de campo evidenciando a abertura das trincheiras realizadas na área de estudo e os perfis de solo. As Figuras A, C e D representam, respectivamente, os perfis 1, 3 e 4, e a figura B a abertura da trincheira para o perfil 2. 47
- Figura 8 - Registro fotográfico de trabalho de campo. A Figura A registra a coleta de solo com estrutura preservada em cilindros de inox, referente a Trincheira 1, a Figura B registra os cilindros utilizados a campo para a coleta de solos da Trincheira 2, a Figura C registra as coletas realizadas na Trincheira 3 e a Figura D registra os cilindros utilizados na coleta do Perfil 4. 49
- Figura 9 - Registro fotográfico de trabalho de laboratório indicando os processos utilizados no peneiramento. A Figura A indica o processo de destorroamento do solo após ser seco ao ar. A Figura B indica o processo de peneiramento. 51
- Figura 10 - Registro fotográfico do solo na proveta para pipetagem da fração argila. 51
- Figura 11 - Registro fotográfico do solo no balão volumétrico para determinação da densidade de partículas. 52
- Figura 12 - Registro fotográfico de laboratório indicando a pesagem de solo com estrutura preservada. 53
- Figura 13 - Registro fotográfico evidenciando as amostras com estrutura preservada sendo saturadas por capilaridade. 54

- Figura 14 - Registro fotográfico de campo evidenciando os materiais utilizados para determinar a condutividade hidráulica. 55
- Figura 15 - Mapa hipsométrico da área de estudo, evidenciando que as altitudes do terreno não passam 56
- Figura 16 - Registro fotográfico de campo evidenciando o relevo da área de estudo. A Figura A, B, C e D representam, respectivamente, os perfis 1, 2, 3 e 4. 57
- Figura 17 - Registro fotográfico de campo mostrando parte das tradagens realizadas na área de estudo. As Figuras A e B evidenciam o trado sendo cravado na área. 57
- Figura 18 - Registro fotográfico de campo feito no dia 30/06/2022, evidenciando pontos de empoçamento de água após um expressivo volume pluviométrico registrado na cidade. As Figuras A, B e C correspondem às áreas onde foram abertos os perfis 1, 2 e 3. 59
- Figura 19 - Registro fotográfico de campo evidenciando o nível freático da trincheira 1 (perfil 1) na profundidade de aproximadamente 72cm. 60
- Figura 20 - Mapa potenciométrico da área de estudo, evidenciando que as linhas equipotenciais variam de 0,5 a 3,5 metros. 61
- Figura 21 - Curva de distribuição granulométrica do perfil 1 e suas respectivas camadas de solo. 63
- Figura 22 - Curva de distribuição granulométrica do perfil 2 e suas respectivas camadas de solo. 63
- Figura 23 - Curva de distribuição granulométrica do perfil 3 e suas respectivas camadas de solo. 64
- Figura 24 - Curva de distribuição granulométrica do perfil 4 e suas respectivas camadas de solo. 64
- Figura 25 - Registro fotográfico evidenciando a granulometria das areias referentes ao Perfil 1 - Horizonte 1, ampliadas com o auxílio do microscópio. Figura (A) registra a granulometria areia muito grossa; a Figura (B) registra a granulometria areia grossa e a Figura (C) registra a granulometria areia média. Imagens obtidas em microscópio digital modelo U1000X. Escala de 0,2 mm. 65
- Figura 26 - Registro fotográfico evidenciando a granulometria das areias referentes ao Perfil 1 - Horizonte 2, ampliadas com o auxílio do microscópio. Figura (A) registra a granulometria areia muito grossa; a Figura (B) registra a granulometria areia grossa e a Figura (C) registra a granulometria areia média. Imagens obtidas em microscópio digital modelo U1000X. Escala de 0,2 mm. 65
- Figura 27 - Registro fotográfico evidenciando a granulometria das areias referentes ao Perfil 1 - Horizonte 3, ampliadas com o auxílio do microscópio. Figura (A) registra a granulometria areia muito grossa; a Figura (B) registra a granulometria areia grossa e a Figura (C) registra a granulometria areia média. Imagens obtidas em microscópio digital modelo U1000X. Escala de 0,2 mm. 65

Figura 28 - Registro fotográfico evidenciando a granulometria das areias referentes ao Perfil 2 - Horizonte 1, ampliadas com o auxílio do microscópio. Figura (A) registra a granulometria areia muito grossa; a Figura (B) registra a granulometria areia grossa e a Figura (C) registra a granulometria areia média. Imagens obtidas em microscópio digital modelo U1000X. Escala de 0,2 mm. 66

Figura 29 - Registro fotográfico evidenciando a granulometria das areias referentes ao Perfil 2 - Horizonte 2, ampliadas com o auxílio do microscópio. Figura (A) registra a granulometria areia muito grossa; a Figura (B) registra a granulometria areia grossa e a Figura (C) registra a granulometria areia média. Imagens obtidas em microscópio digital modelo U1000X. Escala de 0,2 mm. 66

Figura 30 - Registro fotográfico evidenciando a granulometria das areias referentes ao Perfil 3 - Horizonte 1, ampliadas com o auxílio do microscópio. Figura (A) registra a granulometria areia muito grossa; a Figura (B) registra a granulometria areia grossa e a Figura (C) registra a granulometria areia média. Imagens obtidas em microscópio digital modelo U1000X. Escala de 0,2 mm. 66

Figura 31 - Registro fotográfico evidenciando a granulometria das areias referentes ao Perfil 3 - Horizonte 2, ampliadas com o auxílio do microscópio. Figura (A) registra a granulometria areia muito grossa; a Figura (B) registra a granulometria areia grossa e a Figura (C) registra a granulometria areia média. Imagens obtidas em microscópio digital modelo U1000X. Escala de 0,2 mm. 67

Figura 32 - Mapa Geológico da área de estudo, indicando que a maioria dos pontos amostrados correspondem aos sedimentos dos depósitos colúvio-aluvionares e a minoria corresponde aos sedimentos da Planície Lagunar da Barreira II. 67

Figura 33 - Registro fotográfico evidenciando a granulometria das areias referentes ao Perfil 4 - Horizonte 1, ampliadas com o auxílio do microscópio. Figura (A) registra a granulometria areia muito grossa; a Figura (B) registra a granulometria areia grossa e a Figura (C) registra a granulometria areia média. Imagens obtidas em microscópio digital modelo U1000X. Escala de 0,2 mm. 68

Figura 34 - Registro fotográfico evidenciando a granulometria das areias referentes ao Perfil 4 - Horizonte 2, ampliadas com o auxílio do microscópio. Figura (A) registra a granulometria areia muito grossa; a Figura (B) registra a granulometria areia grossa e a Figura (C) registra a granulometria areia média. Imagens obtidas em microscópio digital modelo U1000X. Escala de 0,2 mm. 68

Figura 35 - Registro fotográfico evidenciando a granulometria das areias referentes ao Perfil 4 - Horizonte 3, ampliadas com o auxílio do microscópio. Figura (A) registra a granulometria areia muito grossa; a Figura (B) registra a granulometria areia grossa e a Figura (C) registra a granulometria areia média. Imagens obtidas em microscópio digital modelo U1000X. Escala de 0,2 mm. 69

Figura 36 - Registro fotográfico evidenciando a granulometria das areias referentes ao Perfil 4 - Horizonte 4, ampliadas com o auxílio do microscópio. Figura (A) registra a granulometria areia muito grossa; a Figura (B) registra a granulometria areia grossa e a Figura (C) registra a granulometria areia média. Imagens obtidas em microscópio digital modelo U1000X. Escala de 0,2 mm. 69

- Figura 37 - Registro fotográfico da folha da Carta de Munsell na matiz 10YR, utilizada para a classificação da coloração das amostras de solo coletadas. 74
- Figura 38 - Registro fotográfico mostrando o tamanho das estruturas do solo. 75
- Figura 39 - Registro fotográfico panorâmico na área onde foi realizada a abertura da Trincheira 3 (perfil 3), no dia 19/08/2022. Evidencia-se a presença de animais na área de estudo. 77
- Figura 40 - Registro fotográfico panorâmico na área onde foi realizada a abertura da Trincheira 1 (perfil 1), no dia 13/08/2022. Evidencia-se a vegetação plantada na área de estudo. 78
- Figura 41- Mapa Pedagógico da área de estudo, indicando que maioria dos pontos amostrados se encontram na área GM1 correspondente a Unidade Gleissolos Melânicos e a minoria dos pontos na área SX3 correspondente a Unidade Planossolos Hápicos. 79
- Figura 42 - Registro fotográfico de campo evidenciando a vegetação encontrada na área de estudo. A Figura A popularmente conhecida como Caraguatá-de-banhados (*Eryngium pandanifolium*). A Figura B é o Pinheirinho-da-água (*Myriophyllum brasiliensis*). 82
- Figura 43 - Registro fotográfico de campo evidenciando pontos de empoçamento na região mais baixa na área de estudo (perfil 2). Esse registro foi feito no dia 07/10/2022, após um expressivo volume pluviométrico registrado na cidade. 83
- Figura 44 - Registro fotográfico de campo evidenciando que nos pontos de cotas mais altas do terreno (perfil 4) não há registros de empoçamento. Esse registro foi feito no dia 07/10/2022, após um expressivo volume pluviométrico registrado na cidade. 84
- Figura 45 - Mapa das áreas de AEIAN do município, evidenciando que a área de estudo se encontra na área Tipo B, correspondente a Área especial de interesse ambiental natural. 84
- Figura 46 - Registro fotográfico de campo mostrando algumas etapas relacionadas à expansão urbana na área de estudo. A Figura A e B evidenciam algumas etapas de obras realizadas em 19/09/2019. A Figura C e D evidenciam as etapas atuais em relação às obras que estão sendo executadas na área de estudo em 15/04/2022. 86

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dados da tradagem realizados na área de estudo.	58
Tabela 2 - Análise granulométrica e classe textural dos perfis utilizados para descrição morfológica.	61
Tabela 3 - Análise granulométrica das areias.	62
Tabela 4 - Análise morfológica dos perfis analisados.	71
Tabela 5 - Análise morfológica dos perfis analisados.	72
Tabela 6 - Análise morfológica dos perfis analisados.	73
Tabela 7 - Características físico-hídricas do solo nos perfis amostrados.	76
Tabela 8 - Características físico-hídricas do solo nos perfis amostrados.	77

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
2 HIPÓTESES	18
3 OBJETIVOS	19
3.1 Geral	19
3.2 Específicos	19
4 REVISÃO DE LITERATURA	20
4.1 Geologia	20
4.2 Vegetação e hidrografia	21
4.3 Clima e pluviosidade	23
4.4 Crescimento urbano e seus impactos	24
4.5 Expansão imobiliária em Pelotas	24
4.6 Importância do planejamento do uso e ocupação do solo	28
4.7 Solos Urbanos	29
4.8 Áreas úmidas	30
4.9 Solos hidromórficos	34
4.10 Legislação	38
5 MATERIAL E MÉTODOS	44
5.1 Área de Estudo	44
5.2 Área de amostragem	45
5.3 Descrição morfológica do solo	46
5.4 Coleta de solo	48
5.5 Distribuição das partículas do solo por tamanho e argila dispersa em água	50
5.6 Densidade de partículas	52
5.7 Umidade do solo	52
5.8 Condutividade hidráulica do solo saturado, porosidade e densidade	53



5.9 Condutividade hidráulica do solo <i>in situ</i> - Técnica da carga decrescente simplificada	54
5.10 Classificação do solo	55
6 RESULTADOS E DISCUSSÕES	56
7 CONCLUSÕES	87
8 REFERÊNCIAS	89
ANEXOS	100

## 1 INTRODUÇÃO

As cidades brasileiras cresceram de forma rápida e desordenada, ocasionando desequilíbrio dos sistemas ambientais, impondo riscos às populações, e gerando grandes prejuízos ao poder público. Entre os graves problemas decorrentes desse crescimento não planejado destacam-se aqueles relacionados ao meio físico e às atividades antrópicas indiscriminadas, como ocupação de áreas de várzea, áreas sujeitas a inundações, áreas com elevadas declividades e áreas com alta suscetibilidade a processos erosivos (VALÉRIO FILHO *et al.*, 2004).

Muitos trabalhos, ações de governos (BERTOL *et al.*, 2016) e legislações (BRASIL, 1975; ESTADO DO MATO GROSSO, 1992) possuem como enfoque os solos nas áreas rurais, mas pouco se aborda sobre os solos urbanos (SANTOS; ROMANO, 2005). Exemplos disso temos o “Plano Estadual de Manejo e Conservação do Solo e da Água” do Estado do Mato Grosso do Sul (ESTADO DO MATO GROSSO DO SUL, sem data), o “Programa de Conservação do Solo Agrícola” do Estado de São Paulo (ESTADO DE SÃO PAULO, sem data), o “Programa Integrado de Conservação de Solo e Água do Paraná (Prosolo)” do Estado do Paraná (ESTADO DO PARANÁ, 2016), o “Programa Estadual de Conservação de Solo e Água” do Estado do Rio Grande do Sul (ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL, 2015), o “Programa Nacional de Microbacias Hidrográficas e Conservação de Solos na Agricultura” do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2016). No entanto, os solos urbanos possuem a mesma importância que os solos presentes nas áreas rurais e precisam ser estudados e conhecidos para que se evitem problemas ambientais, sociais e econômicos.

Com a expansão urbana e impermeabilização dos solos, estamos deixando de conhecer os solos em sua condição natural. Com isso, deixamos de compreender o comportamento do solo frente a um contaminante, ao fluxo de água, a sua importância em reduzir as enchentes e no amortecimento das chuvas, e o seu papel em filtrar água e contaminantes evitando a contaminação do lençol freático, bem como outras questões relevantes em termos ambientais, sociais e econômicos.

A expansão imobiliária é algo necessário para o desenvolvimento de um município, além de favorecer a expansão em todos os seus arredores, conseqüentemente acaba aumentando a arrecadação de impostos do município, e

esses impostos sendo gerenciados de forma eficiente contribuem no desenvolvimento da cidade e no atendimento às necessidades da população. No entanto, atrelada aos processos de expansão urbana, a preservação das áreas úmidas é de suma importância, uma vez que são ecossistemas estratégicos de conservação, possuem alta diversidade produtiva e biológica resultantes das relações estabelecidas entre solos, vegetação, fauna, clima e água.

As áreas úmidas apresentam inter-relação com ambientes próximos por meio de processos ecológicos, como migração de fauna, dispersão de vegetais e de trocas de sedimentos, transportados pelo vento e fluxos hídricos, tanto na superfície quanto no subsolo (IBAMA, 2000). Além disso, possuem características próprias dependendo das condições químicas e físicas presentes, do tipo de solo, clima, vegetação e da fauna existente.

Esses ecossistemas atuam como fonte e reservatório de carbono, ou seja, por meio da decomposição e respiração dos organismos, liberam para a atmosfera terrestre gás metano ( $\text{CH}_4$ ) e gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ) e, por meio do processo da fotossíntese, aprisionam o  $\text{CO}_2$ . Esses processos atuam de maneira importante na composição de gases da atmosfera e em fenômenos globais, como o “efeito estufa” (IBAMA, 2000).

Dentre as inúmeras importâncias aplicadas a este sistema estão a diversidade biológica, produtividade, armazenamento de água, controle de grandes inundações, recarga de aquíferos subterrâneos, purificação da água e estabilidade climática; além de proporcionarem condições favoráveis à produção de peixes e à agricultura (MALTCHIK, 2003).

Neste contexto, o presente trabalho busca fazer uma caracterização dos solos presentes em uma determinada área em expansão urbana, localizada na zona norte do município de Pelotas, inserida na Bacia Hidrográfica do Arroio Santa Bárbara, de modo a identificar seu comportamento e os possíveis impactos da expansão urbana nestes solos.

## **2 HIPÓTESES**

Nas áreas de menor altitude na área de estudo há presença de solos hidromórficos, principalmente o Gleissolo, comumente encontrado em área úmida do tipo “banhado”.

Devido à baixa condutividade hidráulica do solo e nível freático elevado nessas áreas mais baixas, além de serem áreas de recebimento de água pluvial das áreas mais elevadas, estas são áreas de extrema importância ambiental e de elevada fragilidade ambiental.

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 Geral**

Caracterizar os solos presentes em uma área localizada na região norte do município de Pelotas/RS e avaliar os possíveis impactos que o processo de expansão urbana pode causar sobre estes solos.

#### **3.2 Específicos**

- Analisar as propriedades físico-hídricas, químicas e morfológicas dos solos localizados em uma topossequência em área de expansão urbana no município de Pelotas;
- Avaliar os possíveis impactos ambientais que a impermeabilização dos solos pode ocasionar;
- Comparar, por meio de registros fotográficos, o quanto a área de estudo foi modificada e os possíveis impactos;
- Analisar os mapas confeccionados em ambiente SIG, relacionando a geomorfologia da área com os processos de drenagem na Bacia Hidrográfica do Arroio Santa Bárbara e os seus impactos ambientais.

## 4 REVISÃO DE LITERATURA

### 4.1 Geologia

O estado do Rio Grande do Sul é composto por quatro províncias geológico-geomorfológica (Figura 1), sendo elas: o Escudo Sul-Rio-Grandense, a Depressão Central, o Planalto Meridional e a Planície Costeira (HAMMES; ZWARTS, 2021).

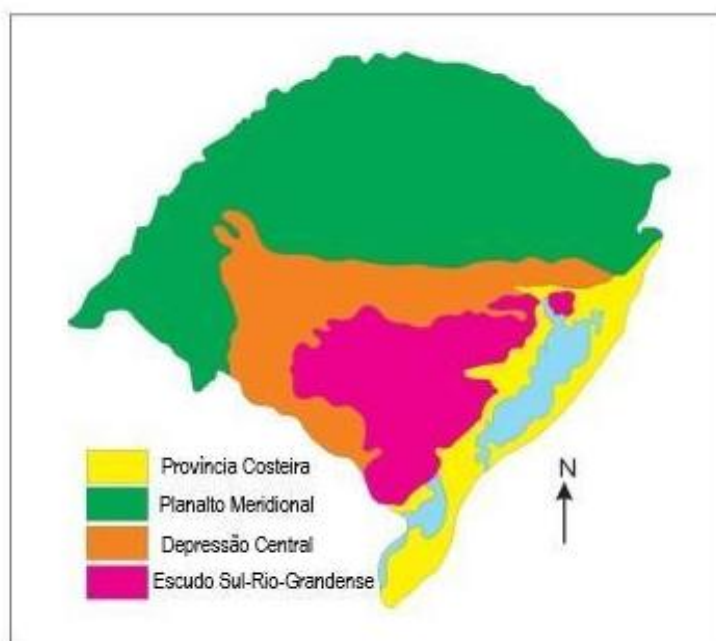


Figura 1 - Ilustração das províncias geomorfológicas situadas no estado do Rio Grande do Sul. Fonte: HAMMES; ZWARTS, 2021.

Conforme descrito acima, a área de estudo situa-se sobre duas unidades morfoesculturais, na porção noroeste o Escudo Sul-Rio-Grandense (ESRG) e na porção sudeste a Planície Costeira do Rio Grande do Sul (PCRGS), a ocorrência dessas duas unidades situadas no município se caracteriza pela transição de tipos de relevo de planícies à morros e variação de altitudes de um metro, na área de influência da PCRGS, até 398 metros, na área de influência do ESRG (DUTRA, 2016). O Escudo Sul-Rio-Grandense, é uma denominação utilizada para se referir aos blocos ou domínios geológicos de idade pré-cambriana e períodos iniciais da era paleozóica (HAMMES; ZWARTS, 2021).

A Planície Costeira do Rio Grande do Sul teve seu processo de formação a partir da abertura do Atlântico Sul à medida que os sedimentos foram depositados em uma depressão marginal aberta, a qual é denominada Bacia Pelotas. Esses depósitos

sedimentares cobrem em parte o segmento sul do Escudo Sul Rio-Grandense, especificamente parte do Terreno Jaguarão, da Bacia do Camaquã e do Batólito Pelotas. Esses depósitos foram retrabalhados por quatro principais ciclos transgressivos e regressivos, que possibilitaram a subdivisão da planície costeira em quatro barreiras, cujas idades variam do Pleistoceno ao Holoceno. Esta subdivisão é dada por: (i) Barreira I, compreendendo os depósitos eólicos; (ii) Barreira II, constituída por areia-quartzosa com até 15% de matriz argilosa e por paleossolos; (iii) Barreira III, constituída por depósitos praias, os quais são recobertos por depósitos eólicos e (iv) Barreira IV, constituído por areias finas, lamas e turfas no sistema lagunar, e por depósitos praias representados por meio das dunas transgressivas e barreiras recuadas (CPRM, 2019).

#### 4.2 Vegetação e hidrografia

Uma região fitoecológica é compreendida por um conjunto geológico de importância regional que foi submetido aos mesmos processos geomorfológicos, sob um clima também regional e que, como consequência disso, sustenta um mesmo tipo de vegetação (IBGE, 2012).

De acordo com o IBGE (2003), o município de Pelotas apresenta três regiões fitoecológicas (Figura 2): na porção sudeste as Formações Pioneiras, na porção leste e oeste a formação Estepe (campos do sul do Brasil) e na porção noroeste a Floresta Estacional Semidecidual (Floresta Tropical Subcaducifolia).

As Formações Pioneiras podem ser analisadas nas planícies costeiras, onde há o predomínio de depósitos sedimentares coluviais, eólicos e lagunares do Quaternário. No município, a área de abrangência dessa região fitoecológica pode ser verificada vegetação com influência fluvial/lacustre herbácea sem palmeira, influência marinha (restinga) e influência fluvial e/ou lacustre arbustiva (IBGE, 2003).

A Formação Estepe no município, pode ser verificada por meio dos campos Gramíneo-Lenhosos com florestas de galeria, em que predominam hemicriptófitos, geófitas e terófitas dos gêneros *Oxalis*, *Stipia* e *Paspalum* (IBGE, 2003).

A vegetação da Floresta Estacional Semidecidual possui como principal característica ecológica a dupla estacionalidade climática representada no estado do Rio Grande do Sul pela chamada seca fisiológica provocada pela queda acentuada

da temperatura no inverno, com temperaturas médias inferiores a 15°C (BIODIVERSIDADE DO RS, 2018).

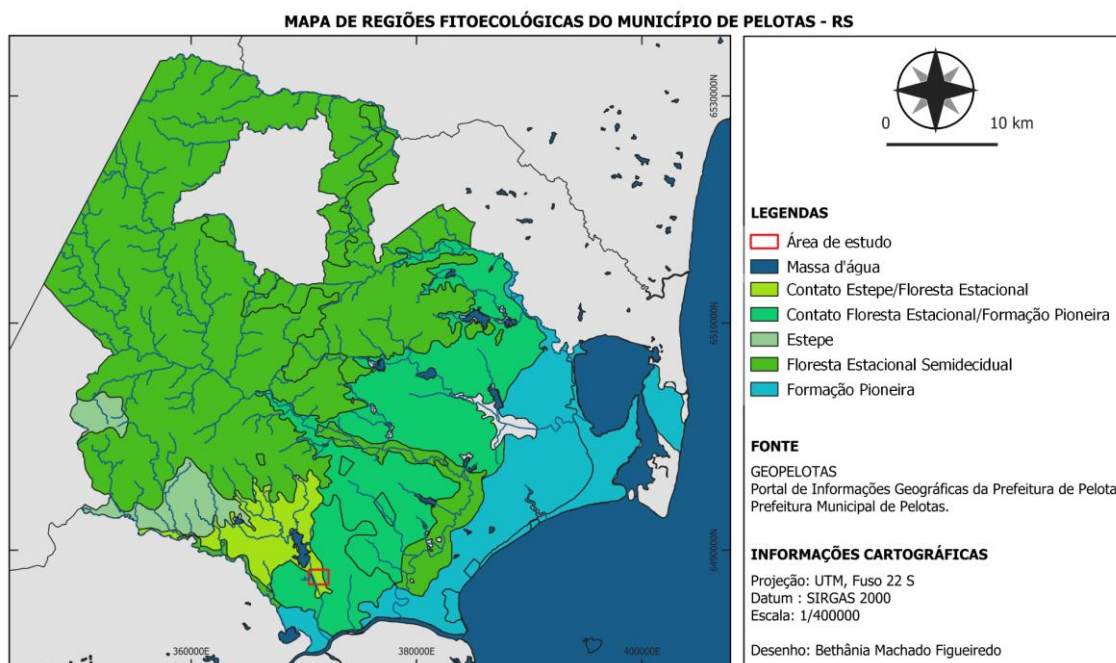


Figura 2 - Mapa indicando as regiões fitoecológicas do município de Pelotas - RS, sendo que grande parte da área de estudo se concentra na área de estepe/floresta estacional.  
Fonte: Autora.

Quanto à hidrografia, o município de Pelotas apresenta uma riqueza em recursos hídricos, a destacar a Lagoa Pequena com 43,83 km<sup>2</sup> e o Canal São Gonçalo, que liga duas das maiores lagoas do Brasil: a lagoa Mirim que possui 2.966 km<sup>2</sup> e a laguna dos Patos que possui 10.144 km<sup>2</sup>. Conferindo ao município uma posição hidrográfica vantajosa, pois a lagoa, a laguna e o canal asseguram o abastecimento de água à população, às indústrias e atividades agropecuárias (NORNBERG, 2019).

Conforme Xavier (2010), entendendo-se como uma bacia de drenagem ou bacia hidrográfica de um corpo/curso de água a porção de um território que faz a drenagem da água pluvial para esse corpo/curso de água e seus afluentes, sendo verificadas no município sete principais bacias fluviais: Arroio Turuçu, Corrientes, Contagem, Pelotas, Moreira/Fragata, Santa Bárbara (Figura 3) e Costeira/Laranjal. E a Bacia do Pepino, pequena bacia de 5 km de extensão, responsável pela drenagem das águas fluviais.



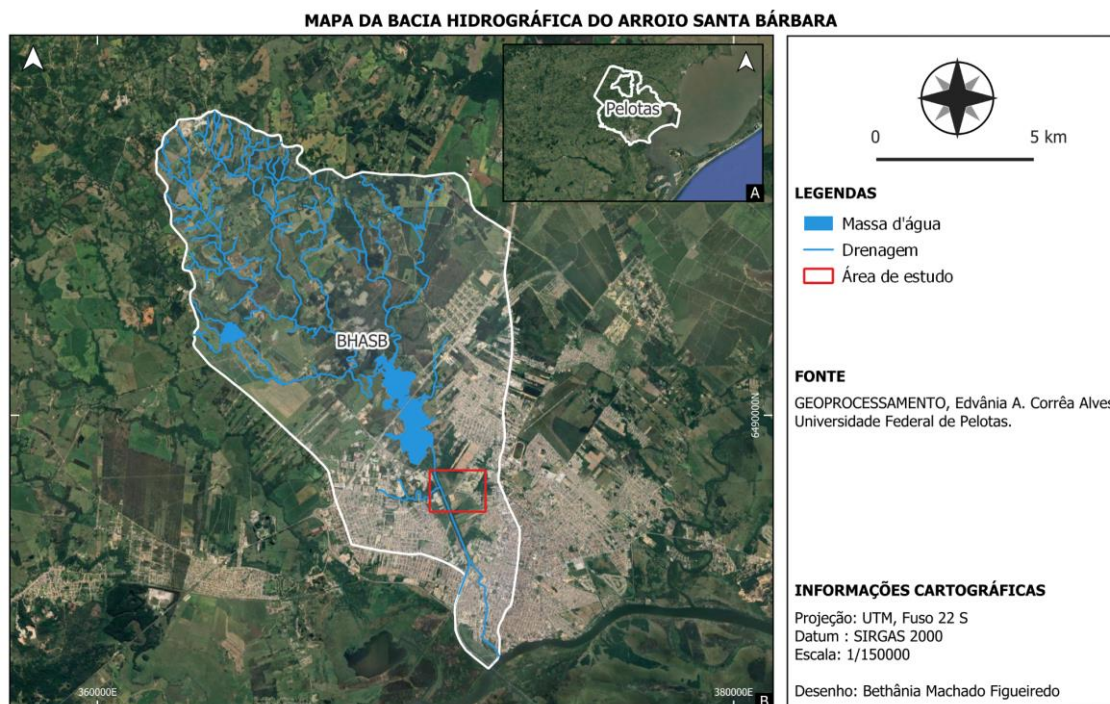


Figura 3 - Mapa da Bacia Hidrográfica do Arroio Santa Bárbara (BHASB) no município de Pelotas-RS e localização da área de estudo.

Fonte: Autora.

### 4.3 Clima e pluviosidade

De acordo com a classificação de Köppen, o clima do município de Pelotas é subtropical úmido (Cfa), de tipo climático temperado, com verões amenos e chuvas durante todos os meses do ano. Este tipo climático apresenta, para o mês mais quente, temperatura média superior a 22° C e, para o mês mais frio, temperatura média superior a 3°C (SEMA, 2001). Na região, as temperaturas variam mais no mês de julho e menos no mês de fevereiro (BRETANHA; KOBIYAMA, 2016).

Estudos desenvolvidos pela parceria EMBRAPA - UFPEL - INMET (sem data), para uma série de dados entre os anos de 1971 e 2000, demonstraram que a média mensal da precipitação pluviométrica para Pelotas é de 113,92mm, sendo fevereiro, julho e setembro os meses mais chuvosos, com respectivamente 153mm, 146mm e 123,7mm. O mês que possui a menor média de precipitação é março, alcançando 97,4mm. A média anual do período analisado é de 1366,9mm. Para uma série de dados de 40 anos (1976 a 2015), Bretanha e Kobiyama (2016) observaram que a precipitação em Pelotas varia mais no mês de maio e menos no mês de setembro. Os autores indicam que o vento foi predominantemente oriundo de Nordeste, e a umidade

relativa e a evaporação se comportaram de forma constante. Essas características climáticas configuram as bacias hidrográficas da região.

#### **4.4 Crescimento urbano e seus impactos**

Desde os tempos primórdios a humanidade se instalava próxima aos recursos hídricos, de forma que a maioria das cidades pudessem se desenvolver próximas a eles (BAPTISTA; CARDOSO, 2013). A dinâmica da expansão urbana ocorre por meio do uso e ocupação do solo e o consumo de recursos naturais, em um processo que altera de forma síncrona a cidade e a paisagem natural. Através do processo de expansão urbana, podem ocorrer modificações no ciclo hidrológico natural, alterando principalmente a geomorfologia das bacias hidrográficas e a impermeabilização do solo, que somados aos impactos de efluentes, tanto de origem industrial ou antrópica, transformam os recursos hídricos, a hidrografia e os demais atributos naturais associados a esse meio (PERES; POLIDORI, 2011).

O crescimento urbano de forma desordenada tem provocado a impermeabilização das superfícies, que conseqüentemente acabam reduzindo a infiltração das águas pluviais, contribuindo para a compactação e deslizamento do solo, aumentando os processos erosivos, bem como alagamentos de arroios/rios e ruas, ou contribuindo para o assoreamento dos corpos hídricos (ROBAINA *et al.*, 2001). De acordo com os estudos realizados por Tucci (1997) o processo de urbanização acelera a frequência de inundações proveniente do aumento das vazões máximas de escoamentos, da contaminação das águas, pela redução da evapotranspiração, do escoamento subterrâneo, do lençol freático e o aumento da produção de sedimentos.

#### **4.5 Expansão imobiliária em Pelotas**

O município de Pelotas se desenvolveu em função do ciclo charqueador, estabelecido às margens do Canal São Gonçalo, do Arroio Santa Bárbara e do Arroio Pelotas. Conforme os estudos realizados por Soares (2002), essas atividades acabavam gerando resíduos, mau cheiro e conseqüentemente atraindo uma série de insetos. Devido a essas configurações da cidade, no início do século XIX a sede do

povoado foi instalada em um local seco e alto, longe desses transtornos causados pelo ciclo charqueador.

Segundo Vieira (2005), foi perceptível o crescimento populacional na cidade nas primeiras décadas do século XX. De acordo com o autor, entre os anos de 1865 e 1900, ocorreu o primeiro crescimento significativo da população, que passou de cerca de 15.000 habitantes, para mais de 43.000 em 1900.

Nas décadas subsequentes, a composição demográfica do município cresceu de forma acelerada, totalizando quase 128.000 habitantes na metade do século. Tal fenômeno se realizou eminentemente sobre o espaço urbano, tendo em vista que, nos anos de 1950, mais de 64% da população pelotense residia na zona urbana (SÁ BRITO, 2016).

Ao longo do século XIX a urbanização da cidade começou a expandir em direção ao Arroio Santa Bárbara, e no ano de 1921 encontrava-se envolvida pela malha urbana. Devido aos processos de pavimentação de ruas, supressão de vegetação, expansão de edificações, havia dificuldade no escoamento das águas pluviais, ocasionando alagamentos e enchentes que passaram a ocorrer ao longo das áreas de várzeas (PETER, 2004).

De acordo com Peter (2004), na metade do século XX as indústrias começaram a se instalar próxima às margens do Arroio Santa Bárbara, facilitando o transporte de produtos e matérias primas e permitindo que seus resíduos fossem lançados no arroio. Por estarem próximo ao local de trabalho, os funcionários acabaram construindo suas residências no entorno dessa área, contribuindo para a poluição e o assoreamento do Arroio Santa Bárbara, causando um transtorno para a cidade.

No ano de 1968, foi construída a barragem do Arroio Santa Bárbara, com o intuito de captar água potável e amenizar enchentes. O arroio foi canalizado, e no trecho em que cruzava a via urbana foi aterrado, tendo seu percurso desviado para fora da área urbana (SANEP, 2017).

Na década de 70 eram frequentes a ocorrência de enchentes e alagamentos às margens do Arroio Santa Bárbara, mesmo com os processos de aterramento na área urbana. Mediante a esses fatos, a Prefeitura tomou a iniciativa de implantar o projeto CURA - Comunidades Urbana de Recuperação Acelerada, que contribuía para o Projeto Santa Bárbara como obras de drenagem, macrodrenagem, abastecimento de água, pavimentação, redes de coletas de esgotos e redes elétricas (HANSMANN, 2013).

De acordo com Tucci (2012), a macrodrenagem refere-se às intervenções em fundo de vale que coletam águas pluviais provenientes ou não de um sistema de macrodrenagem. Vale ressaltar que o antigo leito do Arroio Santa Bárbara é composto por parte da microbacia e atua como um curso de macrodrenagem da área urbana.

Levando em consideração que: (i) o escoamento superficial é impulsionado pela gravidade para cotas mais baixas (TUCCI, op. cit.); (ii) a área do antigo leito do Arroio Santa Bárbara e suas margens ainda recebem o escoamento das áreas mais altas.

Um sistema hídrico de captação pluvial eficiente deve considerar informações sobre os diferentes tipos de solos que ocorrem numa microbacia urbana, para que a drenagem adequada seja efetuada sem danos ambientais e de forma eficiente (PEDRON et al., 2004). Em sentido oposto a este sistema eficiente, a ocupação desordenada vem ocorrendo em diferentes locais.

De acordo com Sá Brito (2016), a influência direta da política econômica emergida no período pós-1964, contribuiu para que o complexo agroindustrial de Pelotas se especializasse no ramo alimentício pela ampliação das indústrias de beneficiamento de arroz, frigoríficos, curtumes e indústria de conservas vegetais, fortalecendo a relação entre o perímetro rural e urbano. Propiciando o aumento de mais de 200 unidades no número de unidades industriais, entre os anos de 1960 e 1975. A expansão industrial desse período foi responsável por recolocar Pelotas em posição de destaque na economia gaúcha, por sua vez, propiciou que o município alcançasse taxas superiores de crescimento comparada aos demais centros industriais do Brasil (SÁ BRITO, 2011).

Neste período, a área urbana foi marcada por investimentos na produção do ambiente construído por obras de infraestrutura e de produção de moradia por meio do Sistema Financeiro de Habitação (SFH) e a criação do Banco Nacional de Habitação (BNH). Tais programas privilegiaram a construção dos grandes conjuntos habitacionais em largas escalas atendendo as populações de baixa e média classe social. No município de Pelotas, a instituição do BNH significou a criação de um canal permanente de financiamento para a produção habitacional, favorecendo o desenvolvimento do setor imobiliário local (SÁ BRITO, 2016).

Muitas empresas que cresceram e se destacaram nessa década faziam parte de grandes grupos econômicos locais do capital produtivo e agropecuário, sobretudo no ramo da orizicultura, que passaram a atuar no ramo imobiliário, evidenciando com

isso a intensa transferência de capitais industriais do campo e do comércio para o setor secundário (SOARES, 2006).

Chiarelli (2014) destaca que, nesse período, se observaram três tipos de produção habitacional predominantes na cidade: (i) a construção de grandes conjuntos habitacionais por meio da formação de cooperativas municipais, que eram constituídas a partir de empresas privadas do ramo da construção civil e que controlava todo o processo produtivo com o intuito de angariar recursos via BNH; (ii) as produções oriundas dos projetos executados pelas Companhias de Habitação Estaduais (Cohabs), provenientes da parceria entre o Governo do Estado e o Governo Federal; e (iii) as produções habitacionais realizadas por operadores privados, isto é, por construtoras locais que elaboravam projeto e executavam as obras, financiadas pelo BNH.

Nesse contexto, por meio desses conjuntos habitacionais, construíram-se grandes bairros afastados da zona central. No eixo norte do município destacam-se a Cohab Lindóia e Cohab Pestano, construídas no final da década de 70, em uma área de transição entre o perímetro urbano e zona rural, contribuindo para a extensão da malha urbana no sentido norte da cidade (SÁ BRITO, 2016).

Com o fim do “milagre econômico” no início da década de 80, Pelotas atravessa um extenso período de crise, estagnação e recessão econômica, ocasionando o encerramento das principais atividades industriais. Tal crise perdurou até meados de 1990 sem apresentar melhoras significativas, corroborando para o desemprego, queda do poder aquisitivo da classe trabalhadora.

Assim, a sobrevivência do município se deve, até os dias atuais, às atividades comerciais e de serviços, assim como à concentração de instituições públicas, como universidades, órgãos estaduais e federais, exército, entre outros, que desempenham papel importante na captação de recursos e na renda de parte da população (SÁ BRITO, 2016).

Por meio das políticas macroeconômicas adotadas no período subsequente de 2007 a 2009, contribuíram para que a região fosse modelada e ordenada no território nacional pela concentração de grandes investimentos. Por exemplo, a implementação do Plano de Aceleração do Crescimento (PAC 1 e 2), a implantação do Polo Naval e *offshore* na cidade de Rio Grande e concomitante à essas transformações outras políticas a nível Federal foram implementadas, como a expansão no número de vagas e cursos oferecidos pela Universidade Federal de Pelotas (UFPEl), decorrente de sua

adesão ao Programa de Apoio à Reestruturação e Expansão das Universidades Federais (Reuni), contribuindo para o aquecimento do mercado imobiliário que perdura nos dias atuais (SÁ BRITO, 2016).

Em 2012 Pelotas apontava um aquecimento do setor imobiliário devido ao polo naval de Rio Grande e de políticas de incentivo à construção da casa própria, após três décadas (dos anos 1970 até a segunda metade dos anos 2000) de poucos investimentos, muitas falências e recessão econômica (NAURO JÚNIOR, 2012). E mais recentemente, em 2021, um ano após o início da Covid-19 no Brasil, a chegada da vacinação de proteção à Covid-19 contribuiu para a recuperação dos postos de trabalho em Pelotas, sendo o setor da construção civil que mais empregou, com 18,55% entre fechamento e abertura de vagas (PIEGAS, 2022), e um aumento de 10% em números de lançamentos de empreendimentos, sendo os bairros Fragata e Três Vendas aqueles que apresentaram maior volume de unidades habitacionais populares construídas em 2021 (MARQUES, 2022).

Esse retrospecto da expansão urbana de Pelotas é importante pois, especialmente em épocas remotas, onde a questão ambiental era pouco evidente, essa expansão se deu de forma a não considerar as características do solo, subsolo e da hidrografia do município, por exemplo.

#### **4.6 Importância do planejamento do uso e ocupação do solo**

O planejamento urbano ambiental além de auxiliar na ocupação racional e no equilíbrio ambiental é um processo de extrema importância para o desenvolvimento dos centros urbanos. Por estar diretamente relacionado à qualidade de vida, não deveria ser desvinculado das políticas de desenvolvimento. Aprovado constitucionalmente em 1988, o Plano Diretor Municipal é um instrumento utilizado para orientar a ação dos agentes em prol do desenvolvimento urbano sustentável. (HONDA *et al.*, 2015).

A Constituição Federal de 1988 (BRASIL, 1988), no capítulo que versa sobre política urbana, concede ao município as funções de gestão e de desenvolvimento urbano, de controle, de planejamento, pautando a relação entre política urbana e planejamento, pois o planejamento pode ser identificado como um processo político-administrativo de governo, apesar de estar embasado em conhecimentos teóricos, precisa estar definido como diretrizes práticas e políticas (FERRARI, 1991).

De acordo com Philippi *et al.* (2004) o processo de planejamento urbano tem como objetivo fazer a ordenação, articulação e equipar o espaço, com o intuito de um melhor direcionamento da malha urbana, como é feito nas zonas ou áreas, a determinados usos e funções. Entretanto, a ideia de processo de planejamento está incorporada na compreensão de que somente ocorre se houver todas as fases de desenvolvimento técnico alinhadas em: i) projeto; ii) levantamentos e diretrizes execução e iii) reanálise.

O planejamento urbano com uma preocupação ambiental deve ter como objetivo o uso adequado do solo para o desenvolvimento local e a proteção dos recursos naturais. Não sendo desvinculado das políticas urbanas, busca a distribuição igualitária dos benefícios sociais. Percebe-se que a ausência desse planejamento nas cidades impede a concretização desses objetivos e benefícios de modo igualitário (HONDA *et al.*, 2015).

#### **4.7 Solos Urbanos**

A expansão das cidades sem planejamento adequado é responsável pelos quadros de degradação dos recursos naturais, em especial os solos urbanos (ZANATA; PERUSI, 2010). De acordo com Pedron *et al.* (2007), o solo é formado por meio da interação de diversos fatores, configurando como um dos recursos naturais mais afetados pelos processos de urbanização.

O solo é um recurso natural lentamente renovável, resultado da interação de vários fatores e processos de formação, que desempenham funções importantes referentes à manutenção da estabilidade do ambiente urbano. As diferentes atividades urbanas promovem alterações de natureza diversa no perfil de solo, acarretando, muitas vezes, redução da qualidade ambiental e aumento dos custos devido à necessidade de recuperação destas áreas (PEDRON *et al.*, 2007, p. 57).

O Plano Diretor Municipal de Pelotas (PMP, 2008, p. 4) considera “solo urbano não edificado os terrenos e glebas cuja taxa de ocupação for nula, respeitadas as limitações ao direito de construir indicadas na legislação pertinente”.

Os solos desempenham funções vitais para o ambiente urbano, pois atuam como reguladores do ciclo hidrológico, impedindo que diversas substâncias tóxicas/contaminantes sejam dispersas no meio ambiente, e como suporte às obras de engenharia. Por meio do processo de urbanização sem os devidos gerenciamentos

e planejamentos, várias atividades afetam esse recurso natural, em escala de menor ou maior intensidade, como por exemplo: (i) a degradação do recurso solo; (ii) consequências relacionadas a impermeabilização do solo; (iii) diversos prejuízos ambientais (poluição hídrica - eutrofização dos recursos hídricos, doenças de veiculação hídrica); (iv) poluição atmosférica; (v) aumento de geração de resíduos; (vi) perda da biodiversidade; e (vii) redução da cobertura vegetal, ou seja, esses processos acabam afetando a qualidade de vida da população (PEDRON *et al.*, 2007).

Para Pedron *et al.* (2007), dentre as alterações sofridas pelos solos urbanos, destacam-se as propriedades físicas, químicas e morfológicas. Essas alterações dependem das condições naturais dos solos, das suas propriedades, do tempo e da intensidade das intervenções antrópicas, e podem ocorrer na escala de dias ou até mesmo anos. Quanto às propriedades físicas, os elementos mais alterados em áreas urbanas são a cor, textura, estrutura, porosidade, densidade e densidade de partículas. As propriedades químicas mais alteradas são a quantidade de matéria orgânica, pH e a Capacidade de Troca Catiônica (CTC) do solo.

O aterramento de área de banhado em Pelotas pode reduzir as áreas verdes e pode aumentar os riscos de alagamentos na região onde se localiza o banhado, pois a capacidade de absorver volumes aumentados de água diminui, além da perda de habitats e espécies (SILVA, 2021).

#### **4.8 Áreas úmidas**

A definição de Áreas Úmidas (Aus), foi proposto de forma genérica na Convenção de Ramsar (1971). Conforme a Convenção de Ramsar, as Áreas Úmidas são:

áreas de Banhado, pântanos, turfeiras ou água, sejam naturais ou artificiais, permanentes ou temporárias, com água parada ou fluindo, salobra ou salgada, incluindo áreas de águas marinhas nas quais a profundidade na maré baixa não exceda seis metros (CONVENÇÃO DE RAMSAR, 1971).

A abordagem de Áreas Úmidas proposta pela definição da Convenção de Ramsar (1971) foi abordada em um contexto geral, sem levar em consideração as características peculiares em cada tipo de Au, como por exemplo, a presença dos depósitos geológicos, as macrófitas e a presença ou não de turfeiras (SIMIONI; GUASSELLI, 2017).

As Áreas Úmidas englobam desde as áreas costeiras e marinhas até as áreas continentais e artificiais. No Brasil, existem várias áreas úmidas denominadas como:



campos alagados, manguezais, veredas, planícies inundáveis, pantanal, igapós, campinarana e os banhados (SIMIONI; GUASSELLI, 2017).

Conforme o novo código florestal brasileiro, Lei nº 12.651 (Brasil, 2012), no seu Art.3º no inciso XXV, define como áreas úmidas:

XXV - áreas úmidas: pantanais e superfícies terrestres cobertas de forma periódica por águas, cobertas originalmente por florestas ou outras formas de vegetação adaptadas à inundação.

As Aus contribuem com aproximadamente 24% da produtividade primária global, e estão entre os ecossistemas mais produtivos mundialmente (SIMIONI; GUASSELLI, 2017). De acordo com os estudos realizados por Machado (2011) a elevada produção de matéria orgânica proporciona a ocupação e o estabelecimento de uma biota diversificada, exclusiva deste ecossistema. Além disso, as AUs desenvolvem um importante papel no ciclo hidrológico, proporcionando a ampliação da capacidade de retenção de água da região, promovendo os variados usos das águas pela biota e pelos seres humanos (SIMIONI; GUASSELLI, 2017).

Estudos realizados por Cunha *et al.* (2015) definem as Aus como:

ecossistemas na interface entre ambientes terrestres e aquáticos, continentais ou costeiros, naturais ou artificiais, permanentemente ou periodicamente inundados por águas rasas ou com solos encharcados, doces, salobras, com comunidades de plantas e animais adaptados à dinâmica hídrica (CUNHA *et al.*, 2015).

Na região do sul do Brasil, o termo “banhado” é utilizado para caracterizar algum tipo de Área Úmida (SIMIONI; GUASSELLI, 2017). De acordo com Burguer (2000), a palavra “banhado” é proveniente do espanhol *bañado*, devido a influência de países vizinhos como Argentina e Uruguai. Conforme Ringuelet (1962), os banhados são designados por *marshes* na língua inglesa, e são definidos como “áreas de solos cobertas por uma fina lâmina de água, possuindo vegetação palustre e sem desenvolvimento de uma população limnética” (BURGUER, 2000).

Curi *et al.* (1993) definem banhados como:

terras baixas, inundadas pelos rios, encharcados de água parada, que podem periodicamente se apresentar secas e aptas ao cultivo, ao contrário dos pântanos (CURI *et al.*, 1993, p.11).

A Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler - Fepam (1998) caracterizam esse tipo de ecossistemas como:

zonas de transição terrestre-aquáticas periodicamente inundadas pelo reflexo lateral de rios e lagos e/ou pela precipitação direta ou pela água subterrânea e que resultam num ambiente físico-químico particular que leva a biota a

responder com adaptações morfológicas, anatômicas, fisiológicas, fenológicas e/ou etológicas e a produzir estruturas de comunidades características para estes sistemas (FEPAM, 1998).

Assim como a definição proposta na Convenção de Ramsar (1971), a definição proposta pela Fepam (1998), não aborda os tipos de solos e nem a geologia que compõem esse ecossistema, sendo uma definição insuficiente para caracterizar as áreas de banhado (SIMIONI; GUASSELLI, 2017).

Os banhados possuem tendência a se situar próximos aos corpos hídricos, em áreas de extravasamento durante as cheias. Possuem ricas vegetações flutuantes e submersas, e podem ser encontradas espécies comuns a solos encharcados (RICARDO; CAMPALINI, 2008).

No estado do Rio Grande do Sul (RS), as áreas de banhado são consideradas Áreas de Preservação Permanente (APP) devido a importância desse ecossistema, e por necessidade de delimitação por meio da Legislação Federal para a inclusão do termo no Cadastro Ambiental Rural - CAR (BRASIL, 2012; RIO GRANDE DO SUL, 2015). Mesmo declarando os banhados como APP's o estado do RS não atribui uma definição para o termo, abordado na legislação como ambientes caracterizados por "solos naturalmente saturados ou alagados por água, por período não inferior a 150 dias no ano, excluindo situações efêmeras, as quais caracterizam pela saturação ou alagamento do solo por água apenas durante ou imediatamente após o períodos de precipitação" (RIO GRANDE DO SUL, 2015).

A legislação do RS prevê que além dos solos encharcados, para que o ecossistema seja classificado como banhado possua a ocorrência de no mínimo uma das seguintes espécies de flora: Aguapé (*Eichhornia spp.*); Chapeu-de-couro (*Sagittaria montevidensis*); Erva-de-Santa-Luzia ou marrequinha (*Pistia stratiotes*); Gravata ou caraguatá-de-banhados (*Eryngium pandanifolium*); Junco (*Schoenoplectus spp.*, *Juncus spp.*); Marrequinha-do-banhado (*Salvinia sp.*); Papiro (*Cyperus papyrus*); Pinheirinho-da-água (*Myriophyllum brasiliensis*); Rainha-das-lagoas (*Pontederia lanceolata*); Soldanela-da-água (*Nymphoides indica*); Taboa (*Typha domingensis*) e Tiririca ou palha-cortadeira (*Cyperus giganteus*) (CONSEMA, 2018).

Além da vegetação, a legislação prevê ainda a ocorrência regular de uma ou mais espécies da fauna relacionada: Cardeal-do-banhado (*Amblyramphus holosericeus*); Capivara (*Hydrochoerus hydrocoerus*); Caramujo ou aruá-do-banhado

(*Pomacea canaliculata*); Frango-d'água (*Gallinula spp.*); Garça-branca-grande (*Ardea alba*); Gavião-caramujeiro (*Rostrhamus sociabilis*); Jacaré-de-papo-amarelo (*Caiman latirostris*); Jaçanã (*Jacana jacana*); João-grande (*Ciconia maguari*); Marreca-de-pé-vermelho (*Amazoneta brasiliensis*); Nútria ou Ratão-do-banhado (*Myocastor coypus*); e Tachã (*Chauna torquata*) (CONSEMA, 2018).

As áreas úmidas na região urbana têm sido tema de grandes discussões em Pelotas, devido a expansão da área urbana do município e da especulação imobiliária nessas áreas de grande importância ambiental. Exemplos disso estão no Pontal da Barra (MAPA DE CONFLITOS, sem data) e no banhado próximo ao Hipermercado Big (SILVA, 2021; COGOY, 2022).

As áreas úmidas geralmente têm sofrido mais deterioração do que a melhoria do caráter ecológico, sendo essa deterioração mais generalizada entre 2011 e 2017, especialmente na África e América Latina e Caribe (DAVIDSON *et al.*, 2019). No entanto, resultados positivos podem ser alcançados com o conhecimento da comunidade local, implementação de medidas de conservação, valores/tradições culturais, turismo e floresta são integrados proativamente para alcançar o uso racional das zonas úmidas (MCINNIS *et al.*, 2020).

O controle de doenças zoonóticas emergentes é visto cada vez mais como dependente da manutenção de ecossistemas intactos e bem manejados, e da biodiversidade. Abordagens sistêmicas em zonas úmidas podem trazer benefícios para a saúde de todos. Um planejamento urbano que inclua zonas úmidas proporciona melhor saúde e bem-estar para os moradores da cidade (CONVENTION ON WETLANDS, 2021).

De acordo com a Global Wetland Outlook (sem data), os serviços de zonas úmidas para mitigação climática, adaptação, biodiversidade, e a saúde humana superam todos os outros ecossistemas terrestres. A melhoria da gestão das zonas úmidas traz benefícios à saúde, à segurança alimentar e hídrica, que são essenciais para a saúde e os meios de subsistência de 4 mil milhões de pessoas em todo o mundo que dependem dos serviços das zonas úmidas. O valor global dos serviços ecossistêmicos de zonas úmidas para a saúde humana, bem-estar e segurança é estimado em US\$ 47,4 trilhões por ano.

Dada a importância das áreas de banhados, a Resolução CONSEMA nº 380/2018, dispõe sobre os critérios para identificação e enquadramento de banhados em imóveis urbanos (CONSEMA, 2018). Já em relação à resistência aos impactos

ambientais, os solos do município de Pelotas localizados próximos à Lagoa dos Patos, geralmente com características hidromórficas, possuem muito baixa resistência (FEPAM, 2001).

As áreas de banhado, com presença de solos hidromórficos, possuem grande representatividade no município de Pelotas, e isso acaba entrando em conflito com a expansão e pressão imobiliária nessas áreas.

#### 4.9 Solos hidromórficos

Conforme o Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (SiBCS), o solo hidromórfico é aquele que em condições naturais encontra-se saturado por água de forma permanente ou em um determinado período do ano, independente de sua drenagem atual, e em virtude dos processos de formação, apresentam comumente, dentro de 50cm a partir da superfície, cores pretas, acinzentadas, azuladas ou esverdeadas provenientes do acúmulo de matéria orgânica (SANTOS *et al.*, 2018).

Curi *et al.* (1993) definem solos hidromórficos como:

denominação geral utilizada para solos formados sob condições de drenagem deficiente, em pântanos, brejos, áreas de surgente ou planícies. Podem ser orgânicos ou minerais (CURI *et al.*, 1993, p. 76)

De acordo com o SiBCS, no primeiro nível categórico são encontrados os solos hidromórficos nas seguintes classes: ESPODOSSOLOS (E. Hidromórficos), GLEISSOLOS, NEOSSOLOS (N. Quartzarênicos hidromórficos)ORGANOSSOLOS, PLANOSSOLOS, PLINTOSSOLOS (P. Gleissólicos) e VERTISSOLOS (V. Hidromórficos). Geralmente, são compreendidos por sedimentos do Holoceno atrelados a limitações de drenagem no perfil (SANTOS *et al.*, 2018).

**ESPODOSSOLOS:** compreendem solos constituídos por material mineral com horizonte B espódico subjacente a horizonte eluvial E (álbico ou não), ou horizonte A, que pode ser de qualquer tipo, ou ainda a horizonte hístico com espessura insuficiente para definir a classe dos Organossolos. Esses solos apresentam sequência de horizontes A, E, B espódico, C, com nítida diferenciação de horizontes (SANTOS *et al.*, 2018).

Esse tipo de solo é desenvolvido principalmente por materiais arenoquartzosos sob condições de altas taxas de umidade em clima tropical e subtropical, em relevo plano, suave ondulado, áreas de surgente, abaciamentos e depressões, podendo ocorrer em relevo mais movimentado, em ambientes de clima frio, úmido e de

vegetação alto-montana. Nas regiões costeiras estão associados à vegetação genericamente denominada de Restinga (SANTOS *et al.*, 2018).

**GLEISSOLOS:** compreendem os solos minerais, hidromórficos, que apresentam horizonte glei dentro de 50 cm a partir da superfície ou a profundidade maior que 50 cm e menor ou igual a 150 cm desde que imediatamente abaixo de horizontes A ou E (com ou sem gleização) ou de horizonte hístico com espessura insuficiente para definir a classe dos Organossolos. Não apresentam textura exclusivamente arenosa em todos os horizontes dentro dos primeiros 150 cm a partir da superfície do solo ou até um contato lítico ou lítico fragmentário, tampouco horizonte vértico em posição diagnóstica para Vertissolos. Horizonte plânico, horizonte plíntico, horizonte concrecionário ou horizonte litoplíntico, se presentes, devem estar à profundidade superior a 200 cm a partir da superfície do solo (SANTOS *et al.*, 2018).

Conforme Santos *et al.* (2018), o solo desta classe encontra-se permanente ou periodicamente saturado por água, salvo se quando são drenados de forma artificial. A água permanece estagnada internamente ou a saturação ocorre por fluxo lateral no solo. Em qualquer circunstância, a água do solo atinge a superfície por capilaridade.

São solos originados a partir de sedimentos, estratificados ou não, e sujeitos a constante ou periódico excesso d'água, podendo ocorrer em diversas situações. Comumente, desenvolvem-se em sedimentos recentes próximos aos cursos d'água e em materiais colúvio-aluviais sujeitos a condições de hidromorfia, podendo formar-se em áreas de relevo plano de terraços fluviais, lacustres ou marinhos, como também em materiais residuais em áreas de depressões ou abaciadas. São eventualmente formados em áreas inclinadas sob influência do afloramento de água subterrânea (surgentes). São solos que ocorrem sob vegetação hidrófila ou higrófila herbácea, arbustiva ou arbórea (SANTOS *et al.*, 2018).

**NEOSSOLOS:** compreendem solos constituídos por material mineral ou por material orgânico pouco espesso que não apresenta alterações expressivas em relação ao material originário devido à baixa intensidade de atuação dos processos pedogenéticos, seja em razão de características inerentes ao próprio material de origem (como maior resistência ao intemperismo ou composição químico-mineralógica), seja em razão da influência dos demais fatores de formação (clima, relevo ou tempo), que podem impedir ou limitar a evolução dos solos (SANTOS *et al.*, 2018).

Os Neossolos Quartzarênicos Hidromórficos (classe de terceiro nível categórico), são solos sujeitos a um lençol freático elevado durante grande parte do ano, na maioria dos anos, imperfeitamente ou mal drenados e apresentando alguns requisitos como apresentando horizonte hístico, saturação com água permanente

dentro de 150cm da superfície do solo, dentre outros, dados pontuados pelo SiBCS (SANTOS *et al.*, 2018).

**ORGANOSSOLOS:** Compreendem os solos pouco evoluídos, com preponderância de características devidas ao material orgânico, de coloração preta, cinzenta muito escura ou brunada, resultantes de acumulação de resíduos vegetais, em graus variáveis de decomposição, em condições de drenagem restrita (ambientes mal a muito mal drenados) ou saturados com água por apenas poucos dias durante o período chuvoso, como em ambientes úmidos e frios de altitudes elevadas (SANTOS *et al.*, 2018).

Conforme Santos *et al.* (2018), esses solos são formados de material orgânico em locais cujo clima varia desde tropical e com hidromorfia, na região costeira e em deltas e ambientes lacustres, até frio e úmido e com vegetação alto-montana. Podem apresentar horizonte hístico formado em condições que favorecem a anaerobiose (horizonte H) ou ser de drenagem livre (horizonte O). O material de origem desses solos é composto por resíduos vegetais em vários estádios de decomposição, geralmente em mistura com materiais minerais de granulometria variável (SANTOS *et al.*, 2018).

Esses solos ocorrem em ambientes de forte hidromorfismo, devido ao fato de que o lençol freático permanece elevado durante um grande período de tempo, as condições anaeróbicas acabam restringindo o processo de mineralização da matéria orgânica limitando o desenvolvimento pedogenético, proporcionando a acumulação de restos vegetais. Nos ambientes de clima frio, úmido e de vegetação alto-montana, as baixas temperaturas acabam contribuindo para o acúmulo de material orgânico devido a redução da atividade biológica (SANTOS *et al.*, 2018).

**PLANOSSOLOS:** compreendem solos minerais imperfeitamente ou mal drenados, com horizonte superficial ou subsuperficial eluvial, de textura mais leve, que contrasta abruptamente com o horizonte B imediatamente subjacente, adensado, geralmente de acentuada concentração de argila, permeabilidade lenta ou muito lenta, constituindo, por vezes, um horizonte pã, responsável pela formação de lençol d'água sobreposto (suspenso) e de existência periódica durante o ano (SANTOS *et al.*, 2018).

Os solos pertencentes a esta classe preferencialmente ocorrem em área de relevo plano ou suave plano, onde as condições do solo e as condições ambientais favorecem a vigência periódica anual de excesso de água, mesmo que em curta duração, em especial nas regiões sujeitas a estiagem prolongada e até mesmo sob condições de clima semiárido. Nas várzeas, baixadas e depressões, sob condição de

clima úmido, estes solos possuem comportamento hidromórfico, com horizonte plânico que coincidentemente apresenta características de horizonte glei, embora que, em zonas semiáridas e mesmo em áreas onde o solo está sujeito apenas a um excesso de água por curto período, principalmente sob condições de relevo suave ondulado, não cheguem a ser propriamente solos hidromórficos (SANTOS *et al.*, 2018).

**PLINTOSSOLOS:** compreendem solos minerais formados sob condições de restrição à percolação da água sujeitos ao efeito temporário de excesso de umidade, de maneira geral imperfeitamente ou mal drenados, e se caracterizam fundamentalmente por apresentar expressiva plintitização com ou sem petroplintita na condição de que não satisfaçam aos requisitos estipulados para as classes dos Neossolos, Cambissolos, Luvisolos, Argissolos, Latossolos, Planossolos ou Gleissolos (SANTOS *et al.*, 2018).

Parte da classe desse solo (solos com horizonte plíntico) possuem ocorrência relacionada aos terrenos de áreas com relevo plano, suave ondulado ou várzeas sendo menos frequente nos terrenos ondulados, em zonas geomórficas de depressão. Podem ocorrer em áreas de surgentes sob condicionamento de oscilação do lençol freático, terços inferiores de encostas, de alagamentos ou encharcamentos periódicos por efeito de restrição à escoamento ou percolação de água (SANTOS *et al.*, 2018).

**VERTISSOLOS:** compreendem solos constituídos por material mineral apresentando horizonte vértico e pequena variação textural ao longo do perfil, insuficiente para caracterizar um horizonte B textural. Apresentam pronunciadas mudanças de volume com o aumento do teor de água no solo, fendas profundas na época seca e evidências de movimentação da massa do solo sob a forma de superfícies de fricção (slickensides). Podem apresentar microrrelevo tipo gilgai e estruturas do tipo cuneiforme inclinadas e formando ângulo com a superfície horizontal. Essas características resultam da grande movimentação da massa do solo que se contrai e fendilha quando seca e se expande quando úmida. São de consistência muito plástica e muito pegajosa devido à presença comum de argilas expansíveis ou mistura destas com outros argilominerais (SANTOS *et al.*, 2018).

Esse tipo de solo se desenvolve em ambientes de bacias sedimentares ou a partir de sedimentos com a predominância de materiais de granulometria fina e com altos teores de cálcio e magnésio ou podendo ser derivados de rochas básicas ricas em cálcio e magnésio. Sua distribuição ocorre em diversos tipos de clima, dos mais úmidos aos mais secos, sendo expressivos nas bacias sedimentares localizadas na região semiárida do Nordeste brasileiro. A distribuição desse solo ocorre em relevo de áreas planas e suave onduladas, sendo menos frequente em áreas de encostas, serrotes e topos de serras (SANTOS *et al.*, 2018).

#### 4.10 Legislação

O artigo 23 da Constituição Federal, determina que é competência municipal o combate à poluição e a proteção ao meio ambiente, devendo o município complementar a legislação federal e estadual relacionadas às questões de cunho ambientais, proporcionando diretrizes para o desenvolvimento local com sustentabilidade ambiental, apoiando quando necessário nas Políticas Municipais do Meio Ambiente e no Plano Diretor Municipal, com o objetivo de direcionar e regular ações do Poder Público local e da sociedade (ALBANO, 2013).

O Estatuto da Cidade (BRASIL, 2001) regulamentou respectivamente nos artigos 182 e 183 da Constituição Federal de 1988, onde versa sobre política urbana, delega aos municípios instrumentos inovadores para que possam intervir no território e incluir suas aprovações nos planos diretores, devendo apresentar o conceito de função social da cidade e da propriedade urbana e seus cumprimentos. Isto é, passaram a ser atribuições de cada município, por meio de seus planos diretores, a definição sobre função social da cidade e se a propriedade urbana exerce função social, além de mapear e definir locais nas áreas urbanas onde as propriedades deveriam ter uma real função social, por meio de ações arbitrárias do Poder Público (BRASIL, 2001).

O Ministério das Cidades e o Conselho Federal de Engenharia, Agricultura e Agronomia (BRASIL, 2004) pontuam questões importantes que deveriam ser consideradas no processo de execução dos planos diretores municipais, como por exemplo: dimensionamento econômico territorial, aliada às propostas de planejamento e gestão urbanos, possibilitando a expansão e controle do espaço urbano, conseqüentemente, minimizando a segregação socioespacial e a expansão desordenada da malha urbana, e reabilitando áreas urbanas consolidadas, dimensão econômica voltada na criação de empregos. Focando na subdivisão do território municipal para um melhor planejamento do seu uso e ocupação e proporcionando uma melhor qualidade de vida aos habitantes do município, com o objetivo de mitigar os impactos e a degradação no ambiente urbano, utilizando o zoneamento urbano ambiental (CANEPA, 2007).

Nesse sentido, o Plano Diretor Municipal de Pelotas de 1968 (PMP, 1968) não incluiu o solo como um recurso extremamente importante na questão ambiental e de



urbanização. Por outro lado, o Plano Diretor Municipal de Pelotas de 2008 (PMP, 2008) apresentou algum avanço nesse sentido, especialmente nos seguintes artigos:

Art. 7 - XV - Ordenar e controlar o uso e a ocupação do solo, com vistas a respeitar e valorizar a diversidade ambiental da paisagem da cidade, respeitando a manifestação cultural de sua população (PMP, 2008, p. 3).

Art. 7 - XVI - Estabelecer o zoneamento econômico ambiental em escala compatível com as diretrizes para ocupação do solo, estabelecendo as diretrizes para regular e controlar a exploração do ambiente e econômico (PMP, 2008, p. 3).

Art. 237 - O controle do uso do solo no território municipal deve evitar e corrigir as distorções do processo de desenvolvimento urbano e seus efeitos negativos sobre o ambiente, desenvolvimento econômico e social e a qualidade de vida da população, permitindo que a legislação acompanhe, dentro de suas possibilidades, o processo de transformação contínua vivida pela cidade, valorizando a multcentralidade e a diversidade de usos (PMP, 2008, p. 78).

Canepa (2007) reforça que o zoneamento urbano ambiental tem por objetivo minimizar a degradação do meio ambiente já urbanizado, delimitado por meio das características geomorfológicas, climáticas e hídricas o uso e ocupação dessas áreas, além de enfatizar a proteção de áreas com significativo interesse ambiental. O autor pontua que os processos de urbanização em áreas naturais sem os devidos planejamentos e sem mitigação a possíveis danos, acelera os processos de degradação ambiental, reduzindo as possibilidades de implementação sustentável do município, tornando a urbanização sustentável um desafio da atualidade.

A Lei nº 4594, de 20/10/2000, que institui o código do meio ambiente do município de Pelotas, e dá outras providências (PMP, 2000), apresenta em seu capítulo IV questões a respeito do uso do solo e subsolo:

Art. 17 - Na análise de projetos de ocupação, uso e parcelamento do solo, a Secretaria Municipal de Urbanismo e Meio Ambiente deverá se manifestar quanto aos aspectos de proteção do solo, da fauna, da cobertura vegetal e das águas superficiais, subterrâneas, fluentes, emergentes e reservadas, sempre que os projetos:

- I - Tenham interferência sobre reservas de áreas verdes, e proteção de interesses paisagísticos e ecológicos;
- II - Exijam sistemas especiais de abastecimento de água e coleta, tratamento e disposição final de esgoto e resíduos sólidos;
- III - Apresentem problemas relacionados à viabilidade geotécnica.

Sobre as Áreas Especiais de Interesse do Ambiente Natural (AEIAN's), o Plano Diretor (PMP, 2008) trata o seguinte:

Art. 51 - Parágrafo único: Estas áreas apresentarão diferentes níveis de proteção, com restrição ou limitação ao uso do solo e preservação de seus recursos naturais, com usos proibidos ou limitados, manejo controlado com áreas destinadas preferencialmente a pesquisa científica, ao lazer, recreação, eventos culturais, turismo e educação (PMP, 2008, p. 15).

Art. 52 - Constituem objetivos da proteção ao ambiente natural:

I - Proteger os recursos naturais, buscando o controle e redução dos níveis de poluição e de degradação em quaisquer de suas formas;

II - Estabelecer o zoneamento ambiental em escala compatível com as diretrizes para ocupação do solo;

III - Proteger nascentes, cursos d'água, arroios e lagos buscando mecanismos de recuperação de áreas degradadas e estabelecendo o controle da poluição da água, do ar e do solo, definindo metas para a sua redução;

IV - Ampliar o sistema de áreas verdes do município e incentivar a adoção de áreas verdes e arborização municipal, garantindo o tratamento adequado da vegetação, configurando-a como elemento integrador na composição da paisagem urbana;

V - Criar meios de estímulo para incorporar as áreas verdes ocupadas por particulares ao sistema de adoção e manutenção e recuperação de áreas verdes do município, vinculando-as às ações da municipalidade destinadas a assegurar sua preservação e seu uso;

VI - Ordenar e controlar o uso e a ocupação do solo, através de regime urbanístico especial, visando a preservação da diversidade ambiental da paisagem da cidade, respeitando a manifestação cultural de sua população;

VII - Regular e controlar o uso e a ocupação do solo, desenvolvendo projetos e ações preventivas, em relação ao saneamento ambiental, especialmente em áreas sujeitas à inundação, mananciais, áreas com alta declividade ou em solos com grande suscetibilidade à erosão (PMP, 2008, p. 15 e 16).

Art. 54 - Fica definida como AEIAN a faixa de encosta do Planalto Sul-Rio-grandense interna ao município de Pelotas, enquadrada como área de interesse ecológico pela legislação federal, por sua fragilidade e condicionamento ambiental, além de sua determinação na qualidade da água superficial do território municipal (PMP, 2008, p. 16).

Parágrafo único: As ocupações localizadas nas AEIAN citadas no caput do artigo poderão ser regularizadas, desde que demonstrado o interesse social, público e comunitário e mediante execução de medidas (ações) mitigatórias e compensatórias e de recuperação do meio-ambiente, em consonância com os Planos Distritais, o Plano de Ocupação Territorial e o Sistema Municipal de Unidades de Conservação (PMP, 2008, p. 16).

De acordo com o Plano Diretor (PMP, 2008), na subseção I, no Art. 56 que se refere as AEIAN's Públicas, reforça que essas áreas possuem características que possibilitam a transformação em Unidades de Conservação (UC) ou outra forma adequada para manejo, e que fica delegado ao Poder Público criar mecanismos que possam efetivar essas aplicações, essas áreas são delimitadas em: (i) AEIAN Santa Bárbara; (ii) AEIAN da ETA Sinott; (iii) AEIAN da ETA do Arroio Moreira; (iv) AEIAN da Represa do Quilombo; (v) AEIAN da Rodoviária; (vi) AEIAN Farroupilha; (vii) AEIAN Baronesa; (viii) AEIAN praças, parques e canteiros centrais e (ix) AEIAN parque Dom Antônio Zattera.

No Art. 57, que versa sobre as AEIAN Particulares, e nele são definidas que essas áreas são de domínio privado, e devido suas características ecológicas acabam demandando medidas de preservação, com o objetivo de manter seus atributos bióticos, abióticos, culturais e paisagísticos (PMP, 2008, p. 17).

No Art. 58, reforça que as AEIAN Particulares possuem características que as possibilitam serem transformadas em Unidades de Conservação (UC), mas que, cabem aos proprietários requererem o seu enquadramento. Chama-se a atenção para o fato de que parte da área de estudo deste trabalho localiza-se em área de AEIAN Particular.

Conforme o Plano Diretor (PMP, 2008) são consideradas Áreas de Preservação Permanente (APP):

I - Faixa marginal, medida a partir do nível mais alto, em projeção horizontal, com largura mínima de:

a) trinta metros, para o curso d'água com menos de dez metros de largura;  
b) cinquenta metros, para o curso d'água com dez a cinquenta metros de largura;

c) cem metros, para o curso d'água com largura maior que cinquenta metros.

II - Entorno de nascentes ou olhos d'água, ainda que intermitentes, com raio mínimo de cinquenta metros, de tal forma que proteja, em cada caso, a bacia hidrográfica contribuinte;

III - Entorno de lagos, lagoas e lagunas naturais, em faixa com metragem mínima de:

a) trinta metros, para aqueles situados em áreas urbanas consolidadas; 18 b) cem metros, para aqueles situados em áreas rurais, exceto os corpos d'água com até vinte hectares de superfície, cuja faixa marginal será de cinquenta metros.

IV - Banhados em toda a sua extensão e em sua faixa marginal, em projeção horizontal, com largura mínima de cinquenta metros, a partir do limite do espaço brejoso e encharcado;

V - Topos de morros e montanhas, em áreas delimitadas, a partir da curva de nível correspondente a dois terços da altura mínima da elevação, em relação à base;

VI - Linhas de cumeada, em áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a dois terços da altura, em relação à base, do pico mais baixo da cumeada, fixando-se a curva de nível para cada segmento da linha de cumeada equivalente a mil metros;

VII - Encostas ou parte destas, com declividade superior a cem por cento ou quarenta e cinco graus na linha de maior declive;

VIII - Escarpas e bordas dos tabuleiros e chapadas, a partir da linha de ruptura em faixa nunca inferior a cem metros em projeção horizontal, no sentido do reverso da escarpa;

IX - Restingas:

a) em faixa mínima de trezentos metros, medidos a partir da linha de preamar máxima;

b) em qualquer localização ou extensão, quando recobertas por vegetação com vegetação fixadora de dunas ou estabilizadora de banhados;

X - Dunas, em faixa mínima de cinquenta metros a partir do limite periférico;

XI - Áreas de refúgio ou reprodução de aves migratórias;

XII - Áreas de refúgio ou reprodução de exemplares da fauna ameaçada de extinção que constem de lista elaborada pelo Poder Público Federal, Estadual ou Municipal;

XIII - Praias, especialmente em locais de nidificação e reprodução de fauna silvestre (PMP, 2008, p. 18 e 19).

De acordo com o novo código florestal brasileiro, Lei nº 12.561 (BRASIL, 2012), no capítulo II, seção I, que versa sobre a delimitação das APP's, no Art. 4 considera-se APP, em zonas rurais ou urbanas:

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

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

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

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

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

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

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

Enquanto a Lei nº 15434, de 09/01/2020, que institui o Código Estadual do Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul (ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL, 2020), traz a seguinte abordagem sobre o solo:

Art. 137. Na utilização do solo, para quaisquer fins, deverão ser adotadas técnicas, processos e métodos que visem à sua conservação, melhoria e recuperação, observadas as características geomorfológicas, físicas, químicas, biológicas, ambientais e suas funções socioeconômicas.

§ 1º A utilização do solo compreenderá seu manejo, cultivo, parcelamento e ocupação.

§ 2º O Estado do Rio Grande do Sul e os municípios, por meio dos órgãos competentes, e conforme regulamento, elaborarão planos e estabelecerão normas, critérios, parâmetros e padrões de utilização adequada do solo, cuja inobservância, caso caracterize degradação ambiental, sujeitará os infratores às penalidades previstas nesta Lei e seu regulamento, bem como a exigência de adoção de todas as medidas e práticas necessárias à recuperação da área degradada.

Art. 179. Não será permitido o parcelamento do solo em terrenos sujeitos a inundações, antes de tomadas as providências para assegurar o escoamento das águas, providências essas que não poderão gerar ou ampliar impactos a outros terrenos, e também não poderão implicar investimentos públicos para implantação de infraestrutura ou respectiva manutenção, salvo regularizações de áreas ocupadas cuja desocupação seja ainda mais onerosa para o Poder Público.

A Resolução CONSEMA nº 380/2018, dispõe sobre os critérios para identificação e enquadramento de banhados em imóveis urbanos (CONSEMA, 2018).

Art. 2º - Para efeitos desta Resolução entende-se por:

I - Áreas Alagadiças: áreas ou terrenos que encontram-se temporariamente saturados de água decorrente das chuvas, devido à má drenagem, nos termos do art. 14, VI da Lei 11.520/2000.

II - Aquífero: formação geológica que armazena e permite a circulação de água em quantidade suficiente para a captação em poços tubulares ou alimentação de mananciais superficiais.

III - Aquífero Livre: aquífero parcialmente saturado de água limitado na base por uma camada impermeável ou semipermeável e no topo pela superfície freática.

IV - Superfície Freática: é a superfície que delimita a zona de saturação e a zona de aeração do aquífero, na qual a água está em contato com o ar e sujeita à pressão atmosférica.

V - Zona de Saturação: porção do aquífero livre situada abaixo da superfície freática, onde todos os vazios existentes encontram-se preenchidos com água.

VI - Zona de Aeração: camada do aquífero situada acima da superfície freática que se encontra parcialmente saturada em água.

VII - Água Subterrânea: água armazenada em subsuperfície na zona de saturação do aquífero.

VIII - Horizonte glei: É um horizonte mineral subsuperficial ou superficial, com espessura de 15 cm ou mais, caracterizado por redução de ferro e prevalência do estado reduzido, no todo ou em parte, devido principalmente à água estagnada, tratando-se de horizonte fortemente influenciado pelas águas subterrâneas e regime de umidade redutor, em razão da saturação por água durante todo o ano, ou pelo menos por um longo período.

IX - Nascente: afloramento natural do lençol freático que apresenta perenidade e dá início a um curso d'água.

X - Olho d'água: afloramento natural do lençol freático, mesmo que intermitente.

XI – Solo hidromórfico: solo que, em condições naturais, encontra-se saturado por água, permanentemente ou em determinado período do ano, independentemente de sua drenagem atual e que, em virtude do processo de sua formação, apresenta a partir da superfície cores acinzentadas, azuladas ou esverdeadas ou cores pretas resultantes do acúmulo de matéria orgânica (CONSEMA, 2018, p.2).

Art. 3º - Nos imóveis urbanos, são considerados banhados as extensões de terras que apresentem de forma simultânea as seguintes características:

I – solos hidromórficos naturalmente alagados ou saturados de água por período não inferior a 150 dias ao ano, contínuos ou alternados, excluídas as situações efêmeras, as quais se caracterizam pelo alagamento ou saturação do solo por água apenas durante ou imediatamente após os períodos de precipitação;

II – afloramento da zona de saturação do aquífero na superfície do terreno, observando o período do inciso I;

III – ocorrência do horizonte glei nos primeiros 50 centímetros do solo (CONSEMA, 2018, p.3).

Art. 4º - Não serão considerados banhados os terrenos urbanos com acúmulo de água, contínuo ou intermitente, decorrente de ações antrópicas, no próprio imóvel ou em áreas vizinhas, tais como terraplenagem, escavações, impermeabilização, obras de infraestrutura, entre outras (CONSEMA, 2018, p.4).

## 5 MATERIAL E MÉTODOS

### 5.1 Área de Estudo

O município de Pelotas (Figura 4) localiza-se no extremo sul do Rio Grande do Sul (RS), na porção sudeste do estado, entre as coordenadas geográficas 31° 50' 6" e 31° 16' 55" de latitude sul e 51° 57' 33" e 52° 40' 24" de longitude oeste.



Figura 4 - Mapa de localização. Área de estudo em contexto Continental (A), Federal (B) e Municipal (C). Fonte de dados: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Base Cartográfica Contínua na escala 1:250000, e Google Earth Satélite.  
Fonte: Autora.

Pelotas é o quarto município mais populoso do estado do RS, sendo a cidade mais populosa da região Zona Sul do estado. Possui 343.826 habitantes, conforme o IBGE (2021), possui densidade demográfica urbana de 1.609,708 km<sup>2</sup> de área e aproximadamente 92% da população reside na zona urbana do município.

A cidade possui como limite os municípios de São Lourenço do Sul e Turuçu ao norte, Capão do Leão e Rio Grande ao sul e Morro Redondo e Canguçu a oeste.

O acesso ao município de Pelotas se dá por meio de duas principais rodovias: a BR 392, por meio de Rio Grande e Canguçu, e a BR 116, por meio dos municípios de Turuçu e Capão do Leão.

De acordo com o Plano Diretor vigente no município, Pelotas é dividida em sete regiões administrativas (Figura 5) na área urbana e nove regiões rurais (distritos). As

regiões administrativas são: Centro, Fragata, Barragem, Três Vendas, Areal, São Gonçalo e Laranjal. E as regiões rurais (distritos) são: Sede ou Área Urbana (1°), Colônia Z3 (2°), Cerrito Alegre (3°), Triunfo (4°), Cascata (5°), Santa Silvana (6°), Quilombo (7°), Rincão da Cruz (8°) e Monte Bonito (9°) (PMP, 2008).

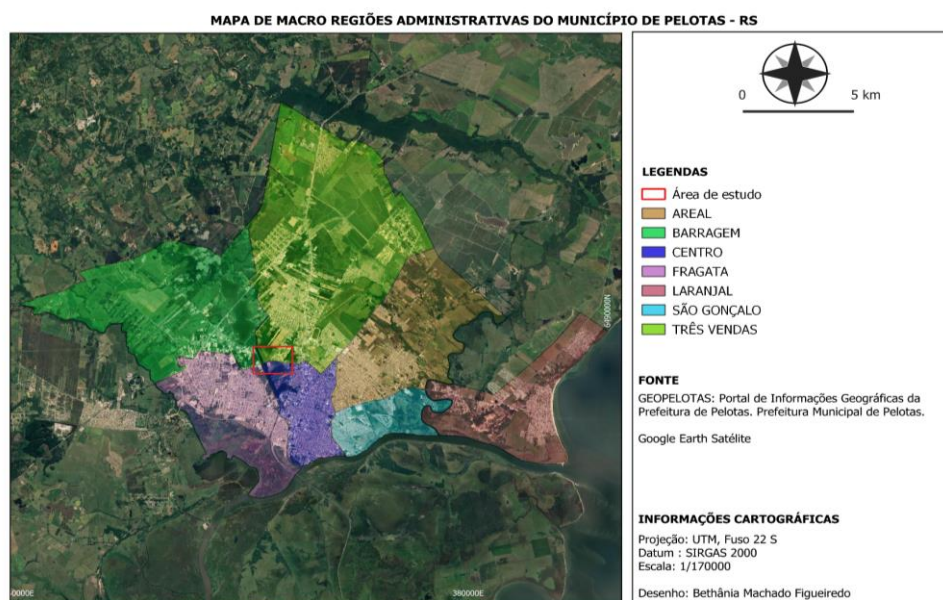


Figura 5 - Mapa das Regiões Administrativas do Município de Pelotas-RS. A área de estudo localiza-se entre os bairros Três Vendas, Centro e uma parte mínima do bairro Fragata.  
 Fonte: Autora

## 5.2 Área de amostragem

A área de estudo localiza-se na região norte do município de Pelotas/RS, possui aproximadamente 229ha, e as amostragens e análises de solo a campo foram realizadas nos dias 13/08/2022, 19/08/2022 e 20/08/2022, sendo feitas avaliações em quatro perfis de solo, correspondente a três trincheiras (perfil 1-ponto 749, perfil 2-ponto 750, perfil 3-ponto 752) e um barranco (perfil 4-ponto 767), e trinta e quatro pontos de tradagem (Figura 6).

Os mapas deste presente estudo foram elaborados com base no cruzamento de dados de Sistemas de Informações Georreferenciadas (SIG). Para realizar a delimitação da área de estudo, foram obtidos arquivos em formato *shapefiles* referentes: aos limites territoriais, malhas rodoviárias e hidrográficas no site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), dados adquiridos com a Secretária de Gestão da Cidade e Mobilidade Urbana - Geopelotas (SGCMU) do município de Pelotas, os dados fornecidos pelo Serviço Geológico do Brasil (SGB), Serviço Geológico dos Estados Unidos e dados disponibilizados na disciplina de

Geoprocessamento do curso de Geografia, pela professora da Universidade Federal de Pelotas (UFPeL) Edvânia Aparecida Correa Alves.

Os *shapefiles* foram manipulados e sobrepostos com o auxílio dos *softwares* QGIS 3.16 e Google Earth para a elaboração dos mapas prévios.

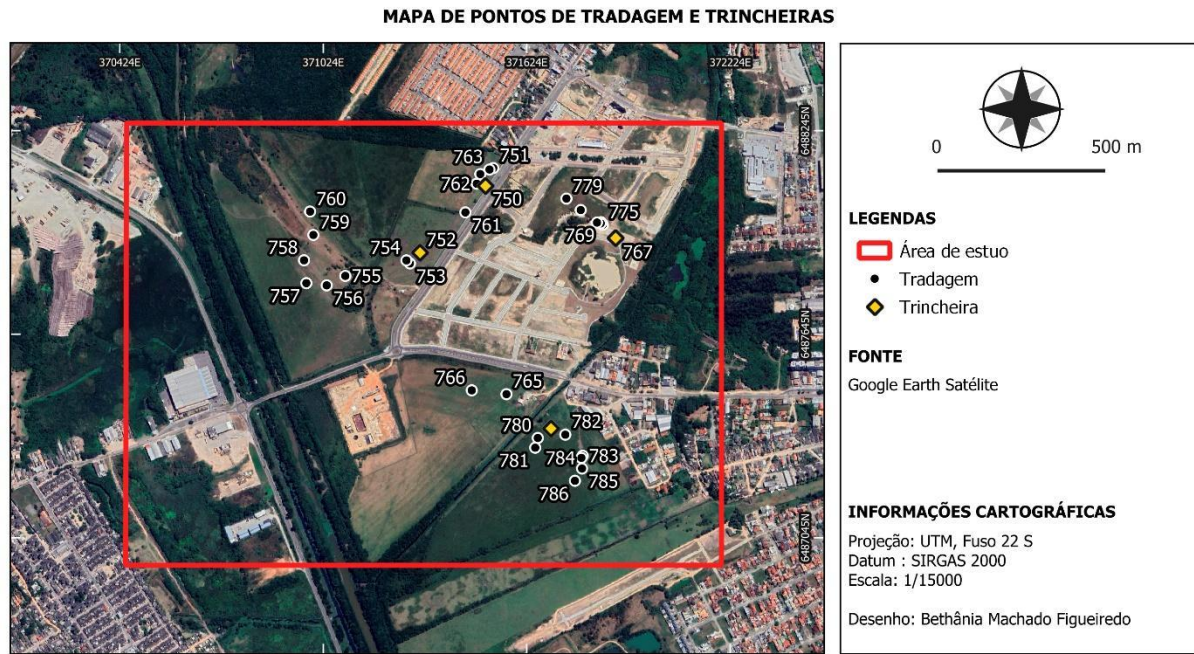


Figura 6 - Mapa de localização dos quatro perfis (trincheiras e barranco) e das tradagens realizadas na área de estudo.

Fonte: Autora.

### 5.3 Descrição morfológica do solo

No campo foram descritos quatro perfis de solo, para isso foram abertas três trincheiras e exposto um barranco (Figura 7A a D), em locais representativos da área, para a descrição morfológica do solo de acordo com o “Manual de descrição e coleta de solo no campo” (SANTOS *et al.*, 2015).

Foram analisados os seguintes aspectos morfológicos do solo: grau de transição, forma da transição, cor úmida, cor seca, estrutura, cerosidade, consistência seca, consistência úmida, plasticidade, pegajosidade e presença de mosqueados, conforme metodologia descrita por Santos *et al.* (2015).





Figura 7 - Registro fotográfico de trabalho de campo evidenciando a abertura das trincheiras realizadas na área de estudo e exposição dos perfis de solo. As Figuras A, C e D representam, respectivamente, os perfis 1, 3 e 4, e a figura B a abertura da trincheira para o perfil 2.  
Fonte: Autora.

#### 5.4 Coleta de solo

Nos perfis utilizados para as descrições morfológicas do solo, foram coletadas amostras de solo com estrutura preservada (Figura 8A a D) e não preservada nas camadas de 0,00 a 0,05 e 0,05 a 0,10m, e em cada horizonte abaixo dessas camadas. Em cada camada e horizonte do solo foram coletadas quatro amostras de solo com

estrutura preservada em cilindros de aço inox com 3cm de altura e 4,70cm de diâmetro, e uma amostra com estrutura não preservada.

As amostras coletadas foram armazenadas para evitar a perda de umidade e encaminhadas para análises ao Laboratório de Pedologia e Física do Solo da Universidade Federal de Pelotas.

No solo com estrutura não preservada foram determinadas: a distribuição das partículas por tamanho (granulometria), a argila dispersa em água e a densidade de partículas. Uma porção do solo com estrutura não preservada, de cada horizonte do solo, foi encaminhado ao Laboratório de Rotina da UFPel para análise química do solo (os resultados estão apresentados em anexo). Nas amostras de solo com estrutura preservada foram avaliadas: a umidade do solo, a macroporosidade (poros de diâmetro maior que  $50\mu\text{m}$ ), a microporosidade (poros de diâmetro menor que  $50\mu\text{m}$ ), a porosidade total, a densidade do solo, e a condutividade hidráulica do solo saturado em laboratório.





Figura 8 - Registro fotográfico de trabalho de campo. A Figura A registra a coleta de solo com estrutura preservada em cilindros de inox, referente a Trincheira 1, a Figura B registra os cilindros utilizados a campo para a coleta de solos da Trincheira 2, a Figura C registra as coletas realizadas na Trincheira 3 e a Figura D registra os cilindros utilizados na coleta do Perfil 4.

Fonte: Autora.

### 5.5 Distribuição das partículas do solo por tamanho e argila dispersa em água

A distribuição das partículas do solo por tamanho, em amostras passadas em peneira de malha de 2,0mm (Figura 9A, B), foi realizada pelo método da pipeta (GEE; OR, 2002), com dispersão do solo realizada por agitador horizontal com 120 rpm durante 4 horas, utilizando vidros de 100ml contendo 20g de solo, 10ml de NaOH 6% (dispersante químico), 50ml de água destilada e duas esferas de nylon com peso de 3,04g, diâmetro de 1,71cm e densidade de  $1,11\text{gcm}^{-3}$  (SUZUKI *et al.*, 2015). O teor de argila (partículas de diâmetro menor que 0,002mm) foi determinado por pipetagem, a areia foi separada em muito grossa (diâmetro entre 2 a 1mm), grossa (diâmetro entre 1 a 0,5mm), média (diâmetro entre 0,5 a 0,25mm), fina (diâmetro entre 0,25 a 0,125mm) e muito fina (diâmetro entre 0,125 a 0,053mm) por peneiramento, e o silte (diâmetro entre 0,053 a 0,002mm) por cálculo entre a diferença da soma da argila e da areia.

A determinação da argila dispersa em água (ADA) foi realizada seguindo os mesmos procedimentos acima, mas sem o uso do dispersante químico e quantificação da areia e silte (Figura 10).

O grau de floculação (GF) do solo foi calculado através da relação entre a argila total e argila dispersa em água (ADA), conforme a equação abaixo:

$$GF = [(argila\ total - ADA)/argila\ total] \times 100$$

Com base na quantificação das partículas por tamanho, foi feita a curva de distribuição granulométrica

O coeficiente de permeabilidade ( $k$ ,  $cm\ s^{-1}$ ) foi obtido pelo diâmetro efetivo do solo ( $D_{efetivo} = D_{10}$ ), conforme equação abaixo desenvolvida por Allen Hazen em 1982 (PINTO, 2006):

$$k = 100 * D_{efetivo}^2$$

Onde:  $D_{efetivo} = D_{10}$  = diâmetro abaixo do qual se situam 10% em peso das partículas na curva de distribuição granulométrica, cm.

O formato da areia foi analisado através de microscópio digital modelo U1000X.



Figura 9 - Registro fotográfico de trabalho de laboratório indicando os processos utilizados no peneiramento. A Figura A indica o processo de destorroamento do solo após ser seco ao ar. A Figura B indica o processo de peneiramento.

Fonte: Autora.

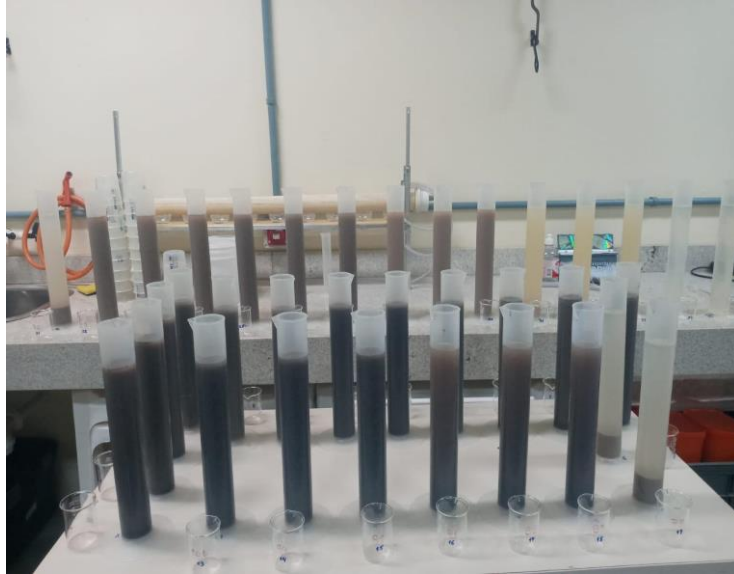


Figura 10 - Registro fotográfico do solo na proveta para pipetagem da fração argila.  
Fonte: Autora.

### 5.6 Densidade de partículas

A densidade de partículas (Figura 11) foi determinada com as amostras de solo com estrutura não preservada passadas em peneira de malha de 2,0mm, utilizando o método do balão volumétrico (VIANA et al., 2017).



Figura 11 - Registro fotográfico do solo no balão volumétrico para determinação da densidade de partículas.  
Fonte: Autora.

## 5.7 Umidade do solo

Após a recepção no laboratório das amostras de solo com estrutura preservada, elas foram pesadas (Figura 12) para determinação da umidade volumétrica e gravimétrica.

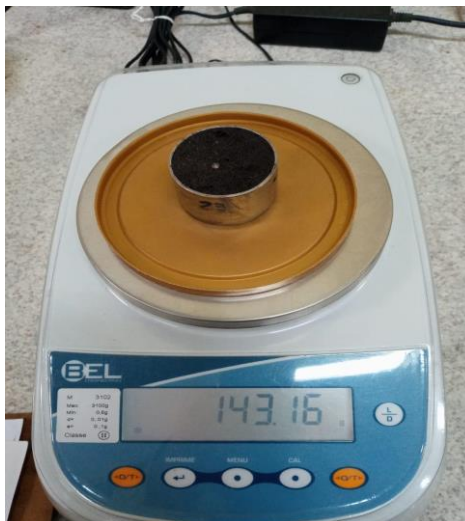


Figura 12 - Registro fotográfico de laboratório indicando a pesagem de solo com estrutura preservada. Fonte: Autora.

## 5.8 Condutividade hidráulica do solo saturado, porosidade e densidade

Após a pesagem do solo para determinação da umidade, as amostras de solo com sua estrutura preservada foram saturadas por capilaridade (Figura 13) e quantificada a condutividade hidráulica do solo saturado em laboratório, utilizando-se um permeâmetro de carga constante (LIBARDI, 2005).

Em seguida, as amostras foram encaminhadas à mesa de tensão, onde foi aplicada a tensão de 6 kPa durante aproximadamente 48 horas, e depois foram levadas à estufa a uma temperatura de 105°C, para determinação da macroporosidade, microporosidade, porosidade total e densidade do solo (BLAKE; HARTGE, 1986).



Figura 13 - Registro fotográfico evidenciando as amostras com estrutura preservada sendo saturadas por capilaridade.

Fonte: Autora.

### 5.9 Condutividade hidráulica do solo *in situ* - Técnica da carga decrescente simplificada

A campo foi avaliada a condutividade hidráulica do solo utilizando a técnica da carga decrescente simplificada, proposta por Bagarello *et al.* (2004). Um cilindro de PVC de 15cm de diâmetro e 25cm de altura foi inserido no solo a uma profundidade de 12cm, em seguida mediu-se o tempo para infiltrar totalmente no solo um volume de 444mL de água (Figura 14A e B).

A condutividade hidráulica foi calculada pela seguinte equação:

$$Kfs = \frac{(\Delta\theta)}{(1-\Delta\theta)ta} \left[ \frac{D}{\Delta\theta} - \frac{(D + \frac{1}{\alpha^*})}{(1-\Delta\theta)} \ln \left( 1 + \frac{1-\Delta\theta}{(\Delta\theta)(D + \frac{1}{\alpha^*})} D \right) \right]$$

Onde:

$K_{fs}$  = condutividade hidráulica,  $m\ s^{-1}$ .

$\Delta\theta$  = diferença entre a umidade do campo e após a saturação em laboratório,  $m^3\ m^{-3}$ ;

$D = V/A$ ; relação entre o volume de água (V) e a área do cilindro de PVC (A);

$\alpha^*$  = parâmetro do comprimento do capilar macroscópico, proposto por Elrick e Reynolds (1992),  $m^{-1}$ , sendo usado o valor de  $12m^{-1}$ .

$t_a$  = tempo para a infiltração da água, segundos.



Figura 14 - Registro fotográfico de campo evidenciando os materiais utilizados para determinar a condutividade hidráulica.  
Fonte: Autora.

### 5.10 Classificação do solo

Tendo como base as informações coletadas a respeito das características do solo (físico-hídricas, químicas e morfológicas), realizou-se sua classificação utilizando o “Sistema Brasileiro de Classificação de Solos” (SANTOS *et al.*, 2018).



## 6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

De acordo com o mapa hipsométrico (Figura 15), apenas o perfil 4 (ponto 767) e as tradagens referentes aos pontos 769, 775 e 779 foram realizadas em uma altitude mais elevada em relação aos demais locais de amostragem, variando entre 12 a 18 metros de altitude. Os demais perfis e as outras tradagens foram coletadas em uma altitude média de 3 a 6 metros. Por meio das Figuras 16A, B e C, referente consecutivamente aos perfis 1, 2 e 3, percebe-se que o relevo destes perfis é plano, enquanto o perfil 4 (Figura 16D) está localizado na parte mais alta, corroborando com os dados extraídos do mapa hipsométrico.

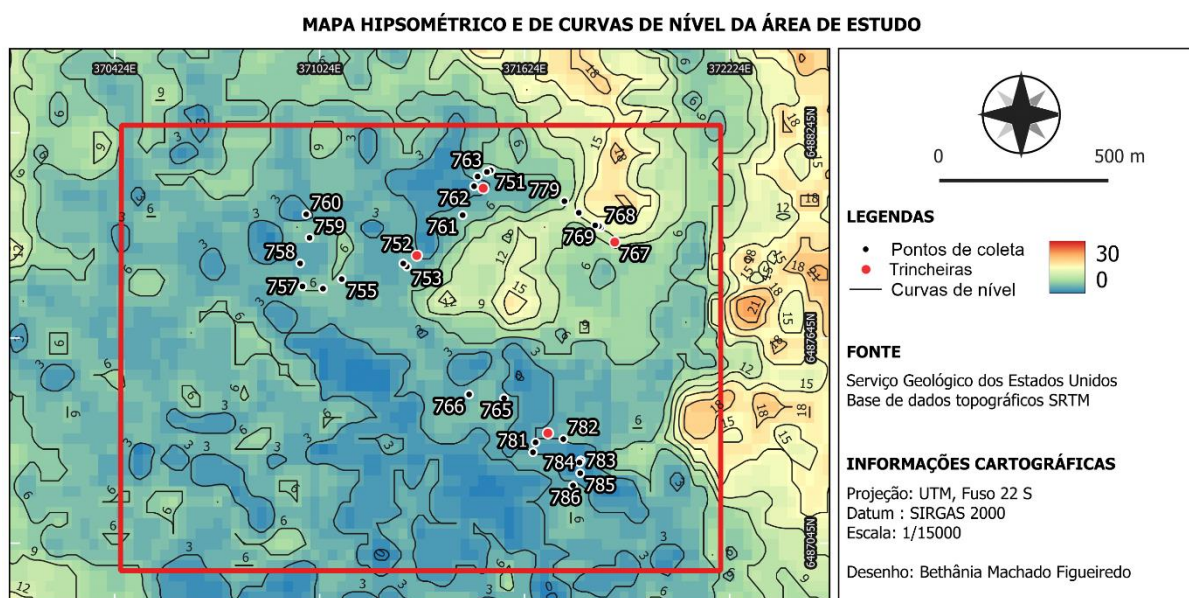


Figura 15 - Mapa hipsométrico da área de estudo, evidenciando que as altitudes do terreno não passam de trinta metros.

Fonte: Autora.



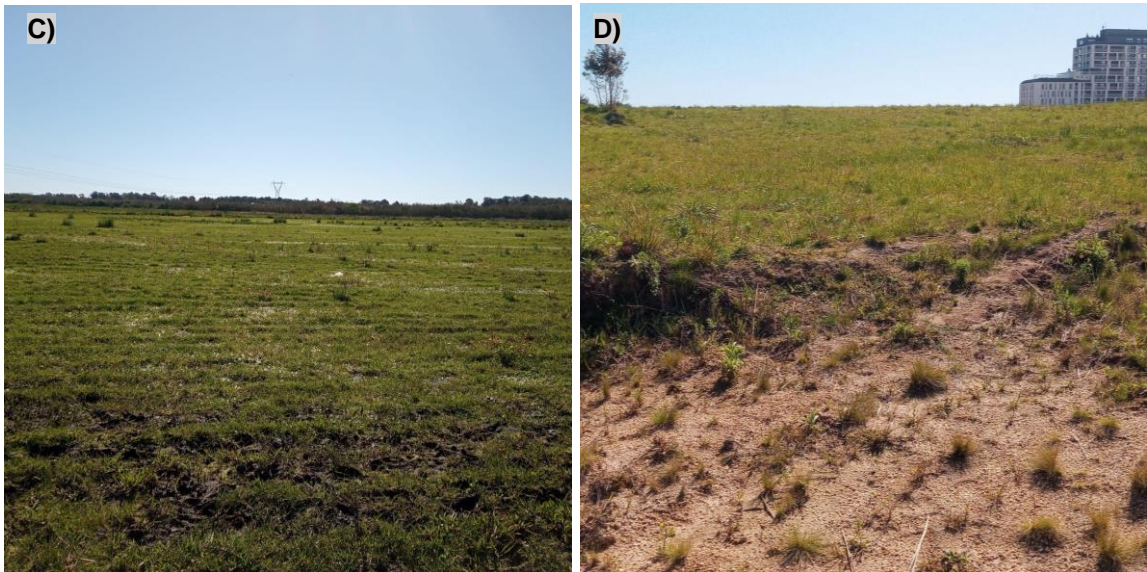


Figura 16 - Registro fotográfico de campo evidenciando o relevo da área de estudo. A Figura A, B, C e D representam, respectivamente, os perfis 1, 2, 3 e 4.  
Fonte: Autora.

Além dos perfis 1 (ponto 749), 2 (ponto 750), 3 (ponto 752) e 4 (ponto 767), foram realizadas algumas tradagens utilizando um trado de rosca (Figura 17A e B; Tabela 1), no qual foi constatado que o nível freático é superficial, variando entre 3 a 33 centímetros da superfície do solo. Conforme as Figuras 18A a 18D e Figura 19, pode-se observar o acúmulo de água ou o empoçamento de água nas áreas onde foram abertos os perfis 1, 2 e 3.



Figura 17 - Registro fotográfico de campo mostrando parte das tradagens realizadas na área de estudo. As Figuras A e B evidenciam o trado sendo cravado na área.  
Fonte: Autora.

Tabela 1 - Dados da tradagem realizados na área de estudo.

<b>DADOS TRADAGEM</b>				
<b>Tradagem/ Dia</b>	<b>Ponto (GPS)</b>	<b>Hz 1 (cm)</b>	<b>Hz 2 (cm)</b>	<b>Nível freático (cm)</b>
	754	0-30	30-57	-
	755	-	-	-
	756	-	-	-
	757	0-40	40-67	-
	758	0-68	68-76	-
	759	-	-	-
19/08/22	760	0-33	33-53	-
	761	0-45	45-57	-
	762	0-34	34-49	-
	763	0-71	-	33
	764	0-45	45-60	22
	765	0-48	48-57	24
	766	0-39	39-46	19
	776	0-96	96-176+	-
	777	0-64	64-100+	-
	778	0-62	62-100+	-
	779	0-95	-	-
20/08/22	780	0-48	48-57	6
	781	0-43	43-56	6
	782	0-95	-	12
	784	0-62	62-75	14
	785	0-50	50-64+	7
	786	0-49	49-62+	3

Hz: Horizonte  
Fonte: Autora.

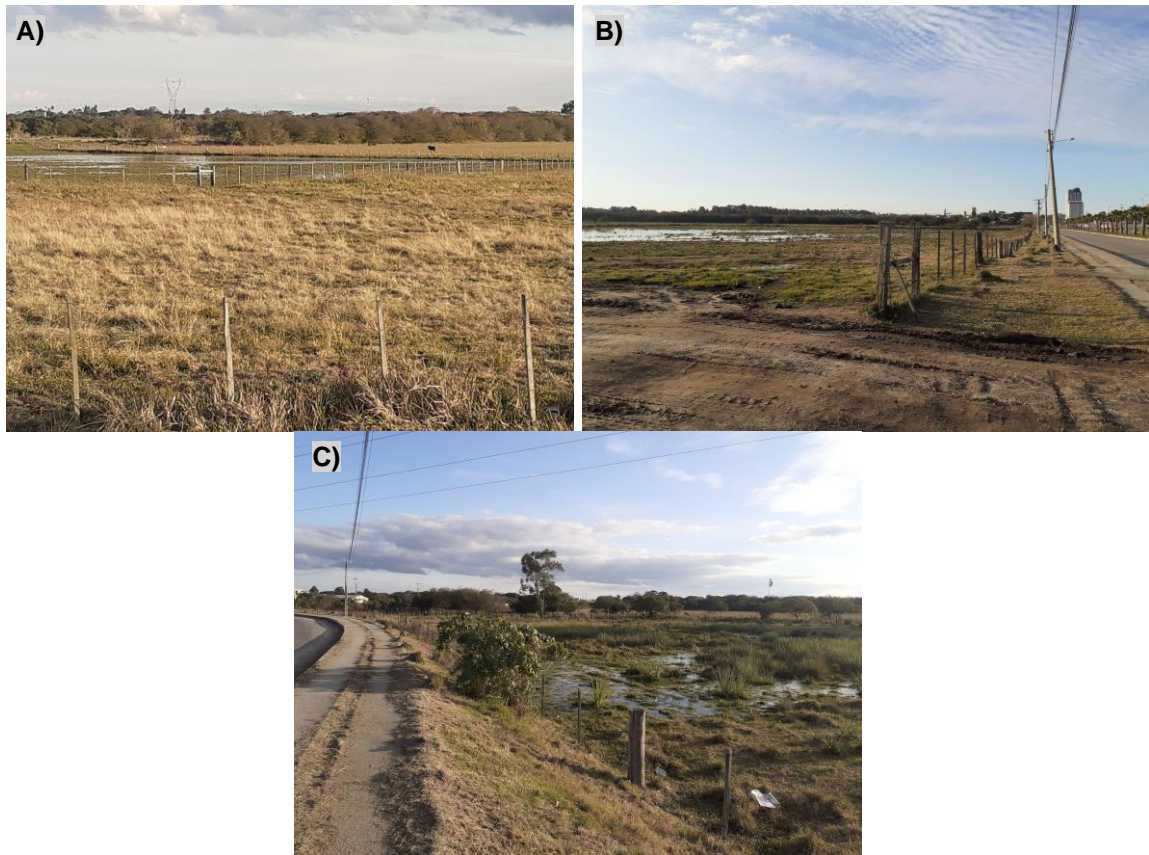


Figura 18 - Registro fotográfico de campo feito no dia 30/06/2022, evidenciando pontos de empocamento de água após um expressivo volume pluviométrico registrado na cidade. As Figuras A, B e C correspondem às áreas onde foram abertos os perfis 1, 2 e 3.  
Autor: Suzuki, 2022.



Figura 19 - Registro fotográfico de campo evidenciando o nível freático da trincheira 1 (perfil 1) na profundidade de aproximadamente 72cm.  
Fonte: Suzuki, 2022.

Por meio de dados dos níveis do lençol freático coletados em algumas das tradagens feitas a campo, disponíveis na Tabela 1, e com o auxílio do software QGis 3.16 e após a compilação dos dados que consiste na subtração dos dados obtidos pelo modelo digital de elevação do terreno (MDE) e os pontos de afloramento do nível freático, obteve-se o mapa potenciométrico (Figura 20) da área de estudo, no qual observa-se que as linhas equipotenciais variam de 0,5 a 3,5m.

Através desse mapa pode-se ter a noção do fluxo de água subterrânea presente na área de estudo, evidenciando que os perfis 1 e 2 situam-se na área onde as linhas equipotenciais são mais baixas, variando de 1 a 2,5m, e o perfil 4 situa-se numa área onde a linha equipotencial é mais alta variando de 3 a 3,5m.

O estudo da circulação hídrica subterrânea é de suma importância na gestão dos recursos hídricos, esses dados extraídos corroboram com os dados apresentados no mapa hipsométrico, uma vez que o escoamento pluvial tem uma tendência do relevo mais alto para o mais baixo.

Em áreas com suspeita de contaminação de solo e/ou a existência de mais aquíferos, o mapa potenciométrico pode auxiliar na perfuração de poços de monitoramento, estes devem ser conduzidos de maneira a evitar a contaminação do aquífero não comprometido.

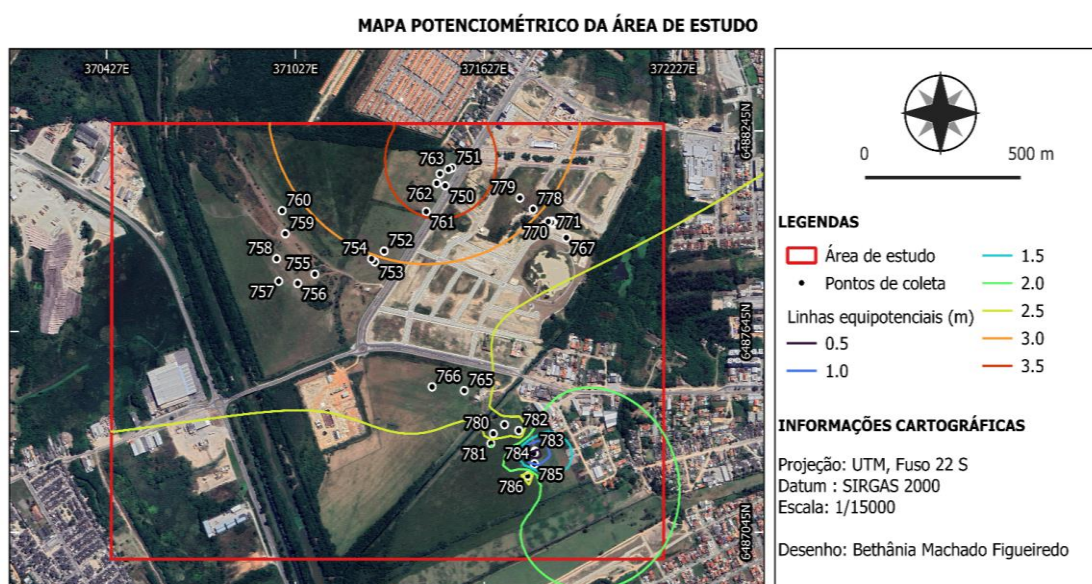


Figura 20 - Mapa potenciométrico da área de estudo, evidenciando que as linhas equipotenciais variam de 0,5 a 3,5 metros.

Fonte: Autora.

Os resultados das análises granulométricas (Tabela 2) evidenciaram a natureza argilosa e siltosa dos perfis, sendo observadas as classes argilosa e média, com maior

teor de argila no perfil 1, maior teor de silte no perfil 4, e teores semelhantes de argila e silte nos perfis 2 e 3. Macedo (2009) relata a dinâmica fluvial de deposição em áreas como esta.

Tabela 2 - Análise granulométrica e classe textural dos perfis utilizados para descrição morfológica.

Ponto GPS	Perfil	Hz	Prof. (cm)					CLASSE TEXTURAL	CLASSE TEXTURAL
				Silte*	Argila** %	ADA	GF	(Santos et al., 2015)	(Santos et al., 2018)
749	1	1	0-14	34,70	58,60	26,56	54,67	Argila	Argilosa
	1	2	14-60	32,95	44,35	19,84	55,02	Argila	Argilosa
	1	3	60-72	33,75	16,12	11,37	29,43	Franca	Média
750	2	1	0-28	25,93	28,35	10,34	63,48	Franco argilo arenosa	Média
	2	2	28-90	15,85	15,17	5,67	61,91	Franco arenosa	Média
752	3	1	0-33	46,63	44,48	2,26	94,92	Argilo siltosa	Argilosa
	3	2	33-50	49,62	44,48	0,86	98,07	Argilo siltosa	Argilosa
767	4	1	0-49	31,30	11,27	5,64	49,92	Franco arenosa	Média
	4	2	49-70	34,50	12,70	7,83	38,39	Franco arenosa	Média
	4	3	70-84	35,28	10,87	7,07	34,97	Franco arenosa	Média
	4	4	84-115+	40,37	14,28	0,69	95,07	Franca	Média

Hz: Horizonte; ADA: Argila dispersa em água; GF: Grau de floculação. Silte\*: diâmetro entre 0,05 a 0,002mm; Argila\*\*: diâmetro menor que 0,002mm.

Fonte: Autora.

Exceto no perfil 3 e horizontes superficiais do perfil 1, os demais horizontes apresentam um valor expressivo de areia total (Tabela 3). No perfil 2 foram observadas as classes texturais franco argilo arenosa a franco arenosa. No perfil 3 observou-se o predomínio da classe textural argilo siltosa e o perfil 4 o predomínio da classe textural franco arenosa franca (Tabela 2).

No perfil 1 horizonte 3, quantificou-se 67,74 g kg<sup>-1</sup> de cascalho (diâmetro entre 2 e 20mm de diâmetro), sendo o cascalho identificado apenas nesse horizonte.

Tabela 3 - Análise granulométrica das areias.

Ponto GPS	Perfil	Hz	Prof. (cm)	AREIA*					
				Total	Muito Grossa	Grossa	Média	Fina	M. Fina
749	1	1	0-14	6,70	0,87	1,08	1,83	1,73	1,18
	1	2	14-60	22,70	4,73	3,72	4,93	6,57	2,75
	1	3	60-72	50,13	14,40	8,60	7,42	12,67	7,05
750	2	1	0-28	45,72	4,20	4,00	18,15	16,43	2,93
	2	2	28-90	68,98	2,77	2,03	40,83	22,07	1,28
752	3	1	0-33	8,88	1,78	1,22	3,37	2,23	0,28
	3	2	33-50	5,90	1,00	1,05	0,95	2,00	0,90
767	4	1	0-49	57,43	3,40	10,80	28,00	12,07	3,17
	4	2	49-70	52,80	1,97	11,90	23,73	12,57	2,63
	4	3	70-84	53,85	2,12	11,52	27,78	10,38	2,05
	4	4	84-115+	45,35	2,30	8,08	24,22	8,47	2,28

Hz: horizonte. \* Areia: diâmetro entre 2 a 0,053mm. Areia muito grossa (2 a 1mm); Areia grossa (1 a 0,5mm); Areia média (0,5 a 0,25mm); Areia fina (0,25 a 0,125mm) e Areia muito fina (0,125 a 0,053mm).  
Fonte: Autora.

De acordo com as Figura 21 e Figura 22, percebe-se uma maior discrepância da distribuição granulométrica nos perfis 1 e 2, enquanto os perfis 3 e 4 (Figura 23 e Figura 24) apresentam uma distribuição granulométrica semelhante entre as camadas de solos analisadas.

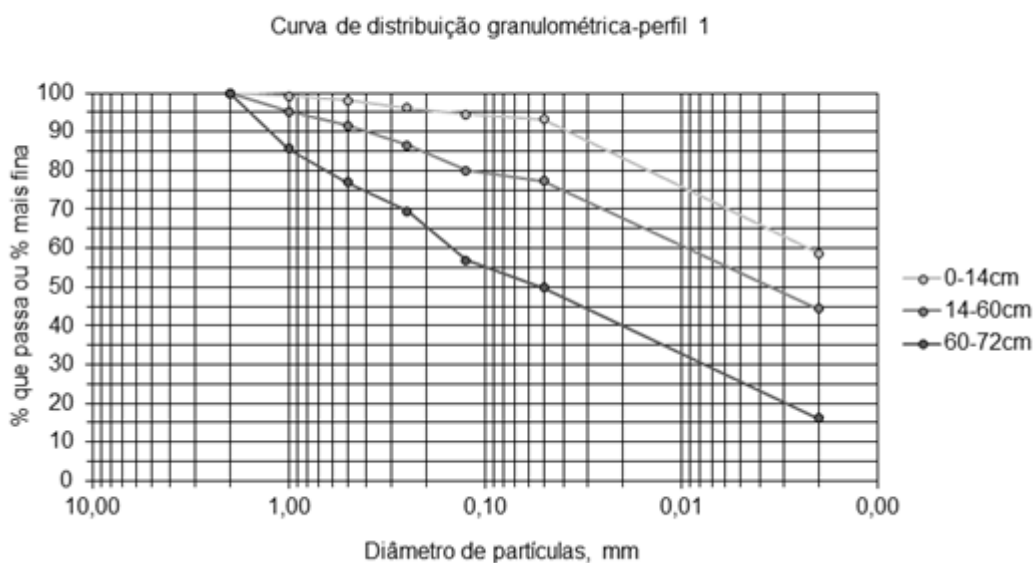


Figura 21 - Curva de distribuição granulométrica do perfil 1 e suas respectivas camadas de solo.  
Fonte: Autora.

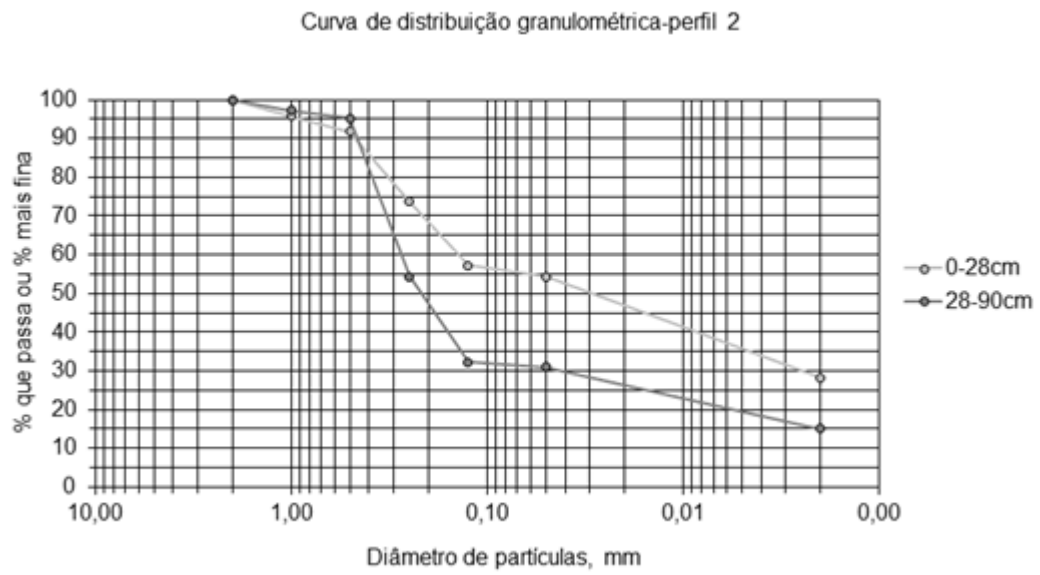


Figura 22 - Curva de distribuição granulométrica do perfil 2 e suas respectivas camadas de solo.  
Fonte: Autora.

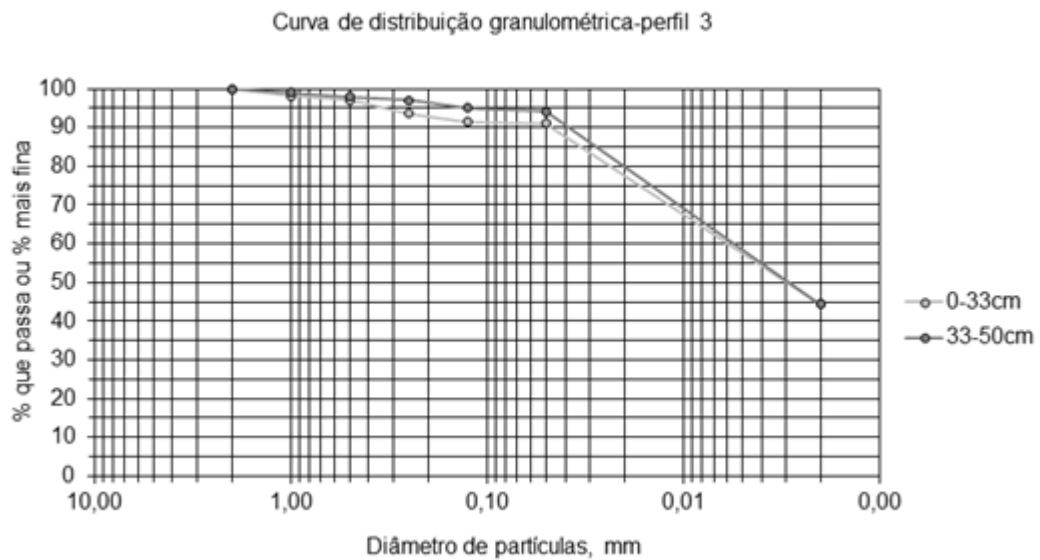


Figura 23 - Curva de distribuição granulométrica do perfil 3 e suas respectivas camadas de solo.  
Fonte: Autora.



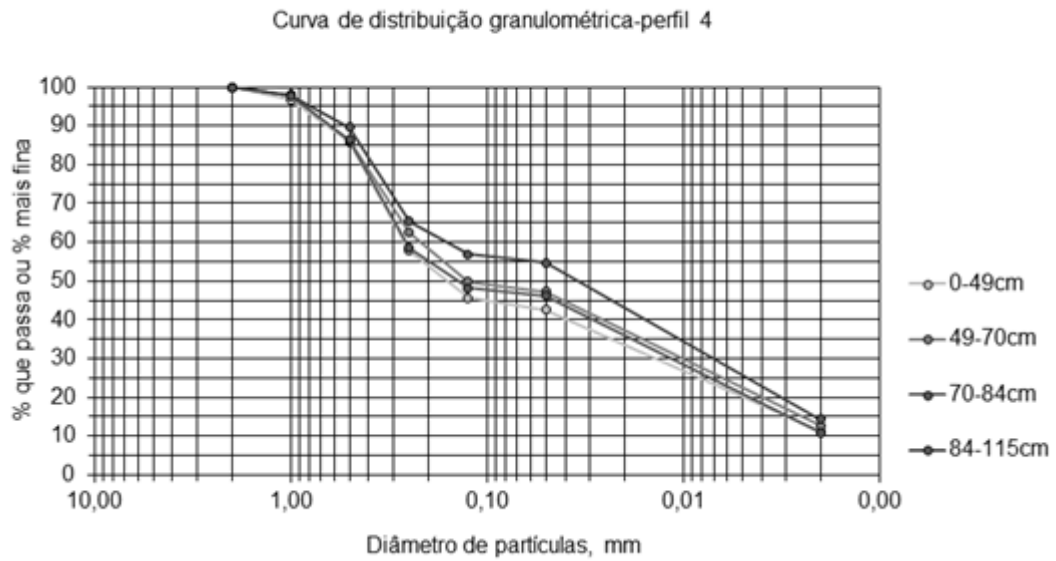


Figura 24 - Curva de distribuição granulométrica do perfil 4 e suas respectivas camadas de solo.  
Fonte: Autora.

Com o auxílio do aparelho microscópico, foi possível verificar que as areias de granulometria muito grossa (Figura 25A a Figura 31A), grossa (Figura 25B a Figura 31B) e média (Figura 25C a Figura 31C) possuem baixa esfericidade, arredondamento dos grãos variando de muito anguloso a sub-anguloso e um grau de seleção muito mal selecionado a pobremente selecionado (COMPTON, 1962).



Figura 25 - Registro fotográfico evidenciando a granulometria das areias referentes ao Perfil 1 - Horizonte 1, ampliadas com o auxílio do microscópio. Figura (A) registra a granulometria areia muito grossa; a Figura (B) registra a granulometria areia grossa e a Figura (C) registra a granulometria areia média. Imagens obtidas em microscópio digital modelo U1000X. Escala de 0,2 mm.  
Fonte: Autora.

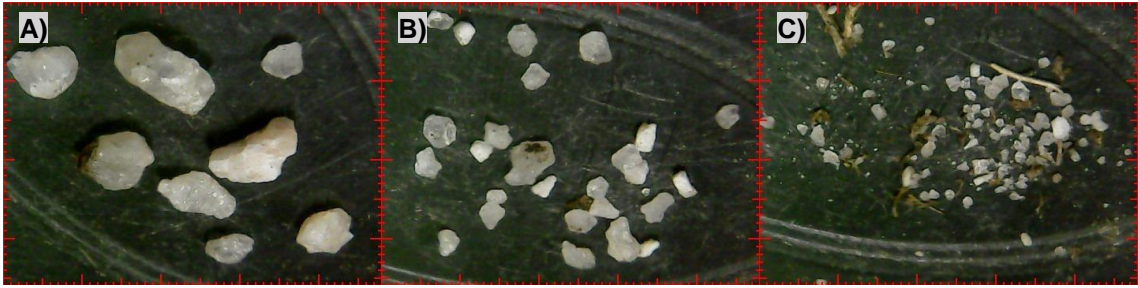


Figura 26 - Registro fotográfico evidenciando a granulometria das areias referentes ao Perfil 1 - Horizonte 2, ampliadas com o auxílio do microscópio. Figura (A) registra a granulometria areia muito grossa; a Figura (B) registra a granulometria areia grossa e a Figura (C) registra a granulometria areia média. Imagens obtidas em microscópio digital modelo U1000X. Escala de 0,2 mm.

Fonte: Autora.

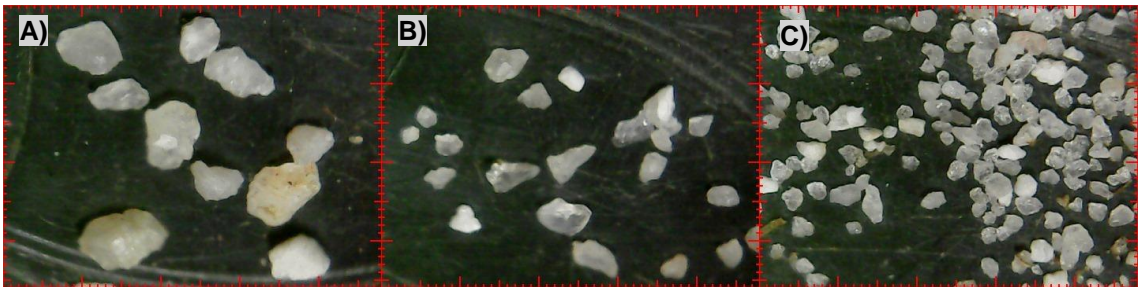


Figura 27 - Registro fotográfico evidenciando a granulometria das areias referentes ao Perfil 1 - Horizonte 3, ampliadas com o auxílio do microscópio. Figura (A) registra a granulometria areia muito grossa; a Figura (B) registra a granulometria areia grossa e a Figura (C) registra a granulometria areia média. Imagens obtidas em microscópio digital modelo U1000X. Escala de 0,2 mm.

Fonte: Autora.



Figura 28 - Registro fotográfico evidenciando a granulometria das areias referentes ao Perfil 2 - Horizonte 1, ampliadas com o auxílio do microscópio. Figura (A) registra a granulometria areia muito grossa; a Figura (B) registra a granulometria areia grossa e a Figura (C) registra a granulometria areia média. Imagens obtidas em microscópio digital modelo U1000X. Escala de 0,2 mm.

Fonte: Autora.



Figura 29 - Registro fotográfico evidenciando a granulometria das areias referentes ao Perfil 2 - Horizonte 2, ampliadas com o auxílio do microscópio. Figura (A) registra a granulometria areia muito grossa; a Figura (B) registra a granulometria areia grossa e a Figura (C) registra a granulometria areia média. Imagens obtidas em microscópio digital modelo U1000X. Escala de 0,2 mm.

Fonte: Autora.

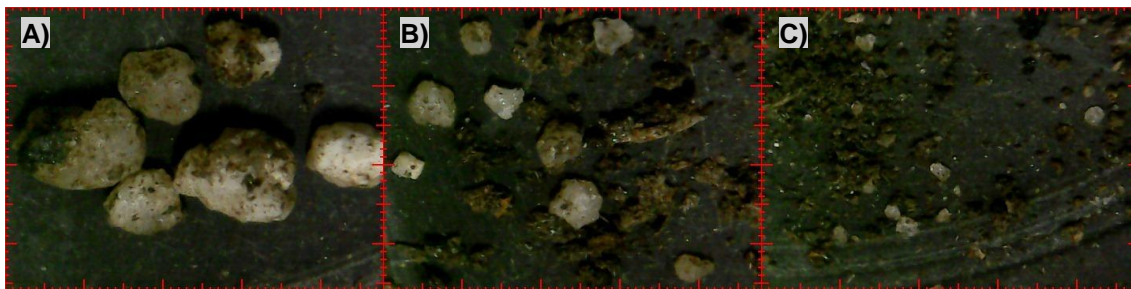


Figura 30 - Registro fotográfico evidenciando a granulometria das areias referentes ao Perfil 3 - Horizonte 1, ampliadas com o auxílio do microscópio. Figura (A) registra a granulometria areia muito grossa; a Figura (B) registra a granulometria areia grossa e a Figura (C) registra a granulometria areia média. Imagens obtidas em microscópio digital modelo U1000X. Escala de 0,2 mm.

Fonte: Autora.

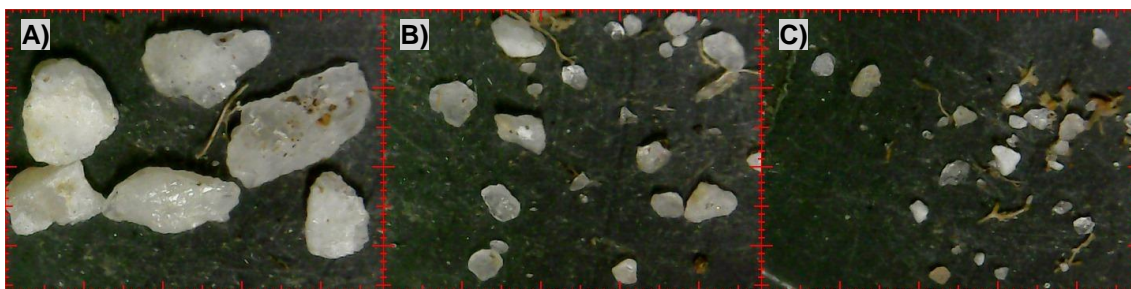


Figura 31 - Registro fotográfico evidenciando a granulometria das areias referentes ao Perfil 3 - Horizonte 2, ampliadas com o auxílio do microscópio. Figura (A) registra a granulometria areia muito grossa; a Figura (B) registra a granulometria areia grossa e a Figura (C) registra a granulometria areia média. Imagens obtidas em microscópio digital modelo U1000X. Escala de 0,2 mm.

Fonte: Autora.

Conforme o mapa geológico (Figura 32) o perfil 4 (ponto 767) e as tradagens 769, 778 e 779 estão relacionados com sedimentos do Pleistoceno da Planície Lagunar da Barreira II, e os perfis 1 (ponto 749), perfil 2 (ponto 750), perfil 3 (ponto 752) e as demais tradagens estão relacionados aos sedimentos do Holoceno dos Depósitos colúvio-aluvionares da PCRS.

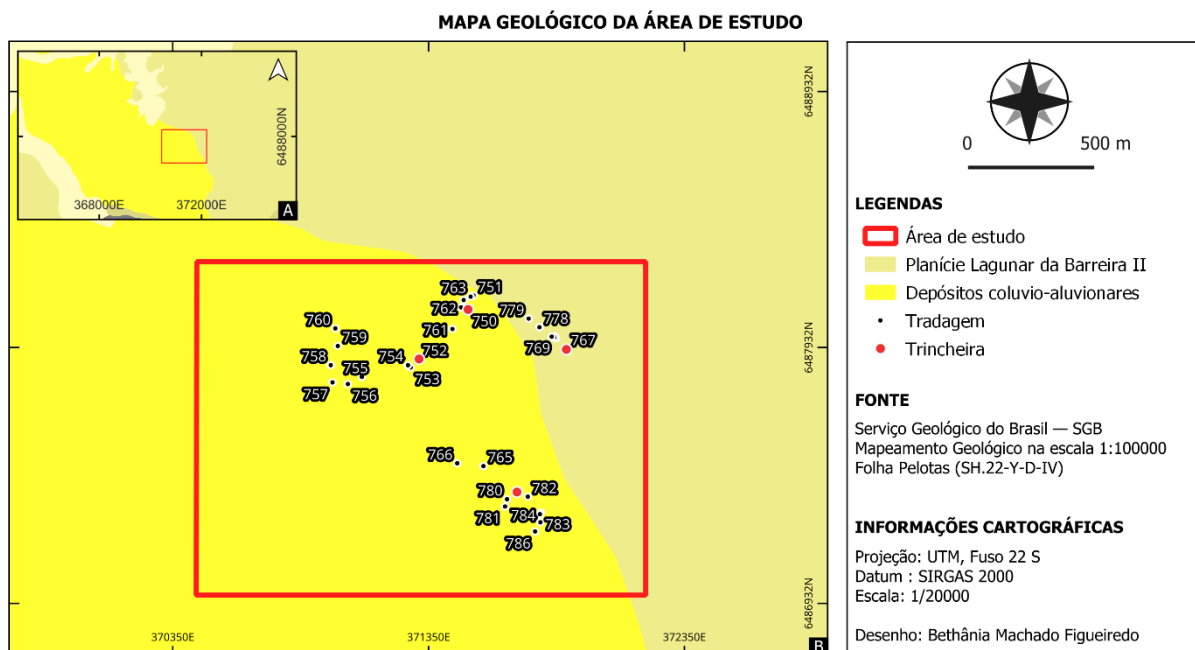


Figura 32 - Mapa geológico da área de estudo, indicando que a maioria dos pontos amostrados correspondem aos sedimentos dos depósitos colúvio-aluvionares e a minoria corresponde aos sedimentos da Planície Lagunar da Barreira II.

Fonte: Autora.

Cruz (2019) classifica os sedimentos dos depósitos da planície lagunar associados a Barreira II como areias síltico-argilosas mal selecionadas de cores claras e laminação plano paralelas incipientes, retrabalhadas pelo vento. O mesmo autor classifica os sedimentos dos depósitos colúvio-aluvionares como depósitos de encostas compostos por sedimentos mal selecionados, areias, argilas e cascalhos de estruturas maciças a acanaladas. As estruturas deposicionais apontadas pelo autor não foram verificadas em campo. Essa ausência pode ser explicada pelos processos pedogenéticos intensos no local, ou ainda por se tratar de um subsistema deposicional aos depósitos coluvionares, isto é, regiões de baixa energia e de uniformidade granulométrica – o que não teria permitido o desenvolvimento de estratificações. Com exceção de estruturas deposicionais, os demais aspectos sedimentológicos observados neste trabalho são correlatos aos descritos por Cruz (2019).

Nos trabalhos realizados por Hammes e Zwarts (2021), os autores descrevem os sedimentos da Barreira II compostos por areias quartozas semiconsolidadas de granulação média, possuindo cores amareladas a avermelhadas e composta de até 15% de matriz de argila e lama, sendo possível identificar essas cores amareladas a avermelhadas nas areias do perfil 4 (Figura 33 a Figura 36).



Figura 33 - Registro fotográfico evidenciando a granulometria das areias referentes ao Perfil 4 - Horizonte 1, ampliadas com o auxílio do microscópio. Figura (A) registra a granulometria areia muito grossa; a Figura (B) registra a granulometria areia grossa e a Figura (C) registra a granulometria areia média. Imagens obtidas em microscópio digital modelo U1000X. Escala de 0,2 mm.

Fonte: Autora.



Figura 34 - Registro fotográfico evidenciando a granulometria das areias referentes ao Perfil 4 - Horizonte 2, ampliadas com o auxílio do microscópio. Figura (A) registra a granulometria areia muito grossa; a Figura (B) registra a granulometria areia grossa e a Figura (C) registra a granulometria areia média. Imagens obtidas em microscópio digital modelo U1000X. Escala de 0,2 mm.

Fonte: Autora.



Figura 35 - Registro fotográfico evidenciando a granulometria das areias referentes ao Perfil 4 - Horizonte 3, ampliadas com o auxílio do microscópio. Figura (A) registra a granulometria areia muito grossa; a Figura (B) registra a granulometria areia grossa e a Figura (C) registra a granulometria areia média. Imagens obtidas em microscópio digital modelo U1000X. Escala de 0,2 mm.

Fonte: Autora.

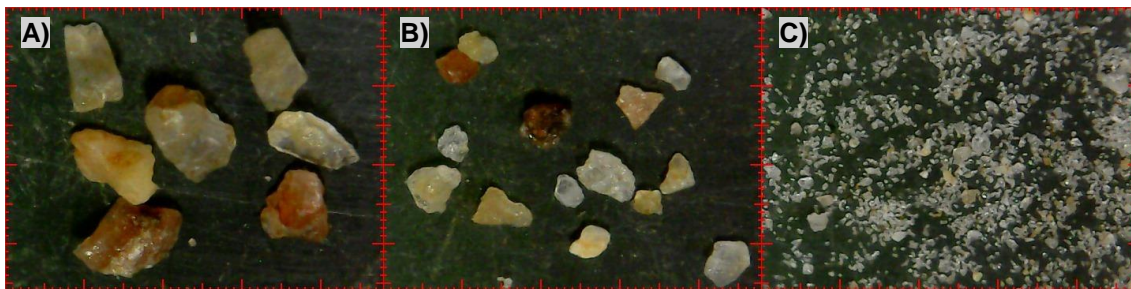


Figura 36 - Registro fotográfico evidenciando a granulometria das areias referentes ao Perfil 4 - Horizonte 4, ampliadas com o auxílio do microscópio. Figura (A) registra a granulometria areia muito grossa; a Figura (B) registra a granulometria areia grossa e a Figura (C) registra a granulometria areia média. Imagens obtidas em microscópio digital modelo U1000X. Escala de 0,2 mm.

Fonte: Autora.

Referente às análises morfológicas (Tabela 4), há semelhança entre o grau de transição dos perfis analisados classificados como abruptos, com exceção ao perfil 4 e horizontes 2 e 3 classificados como clara. Enquanto que a forma de transição nos perfis 1, 2 e 4, horizontes 2 e 3 são classificados como plana, e os perfis 3 e 4 e horizonte 1 são classificados como ondulada.

Para consistência seca (Tabela 5), a maioria dos perfis fica entre dura e muito dura, e para consistência molhada apenas o perfil 1 horizonte 1; perfil 2 horizonte 1 e perfil 3 horizonte 1 foram classificados como friável, os demais perfis foram classificados como muito friável.

Os mosqueados (Tabela 6) foram identificados apenas no perfil 3 horizonte 1, e no perfil 4 nos horizontes 1, 2 e 3, sendo a maior quantidade no perfil 4 horizonte 3. A presença de nódulos/concreções foi perceptível em quantidades “muito pouca” apenas no perfil 4 horizonte 4.

Tabela 4 - Análise morfológica dos perfis analisados.

Ponto GPS	Perfil	Hz	Prof. (cm)	Grau transição	Forma transição	Cor úmida Matiz (valor/croma)	Cor seca Matiz (valor/croma)	Estrutura		Cerosidade
								Tipo	Tamanho	
749	1	1	0-14	abrupta	plana	10YR 2/1	10YR 4/1	laminar	pequeno	-
	1	2	14-60	-	-	10YR 2/1	10YR 3/1	laminar	média	-
			60-72+ NF	-	-	10YR 2/1	10YR 4/1	-	-	-
750	2	1	0-28	abrupta	plana	10YR 2/1	10YR 3/1	laminar	média	-
	2	2	28-90	-	-	10YR 2/1	10YR 4/1	laminar	média	-
752	3	1	0-33 (0-29)	abrupta	ondulada	10YR 2/1	10YR 3/1	subangular	média	-
	3	2	33-50	-	-	10YR 5/2	10YR 4/1	subangular	média	-
767	4	1	0-49 (0-46)	abrupta	ondulada	10YR 3/2	10YR 6/2	angular	grande e muito grande	-
	4	2	49-70	clara	plana	10YR 3/2	10YR 5/2	angular	grande e muito grande	-
	4	3	70-84	clara	plana	10YR 3/3	10YR 6/3	subangular	média e grande	-
	4	4	84-115+	-	-	10YR 3/3	10YR 7/2	subangular	média e grande	-

Hz: horizonte; Prof.: profundidade.

Fonte: Autora.

Tabela 5 - Análise morfológica dos perfis analisados.

Ponto GPS	Perfil	Hz	Prof. (cm)	Consistência seca	Consistência úmida	Consistência molhada	
						Plasticidade	Pegajosidade
749	1	1	0-14	extremamente duro	friável	plástico	ligeiramente pegajoso
	1	2	14-60	ligeiramente duro	muito friável	ligeiramente plástico	ligeiramente pegajoso
			60-72+ NF	duro	muito friável	plástico	pegajoso
750	2	1	0-28	muito duro	friável	plástico	pegajoso
	2	2	28-90	duro	muito friável	plástico	pegajoso
752	3	1	0-33 (0-29)	duro	firme	ligeiramente plástico	ligeiramente pegajoso
	3	2	33-50	duro	muito firme	plástico	ligeiramente pegajoso
767	4	1	0-49 (0-46)	duro	muito friável	ligeiramente plástico	ligeiramente pegajoso
	4	2	49-70	muito duro	muito friável	ligeiramente plástico	ligeiramente pegajoso
	4	3	70-84	duro	muito friável	ligeiramente plástico	ligeiramente pegajoso
	4	4	84-115+	duro	muito friável	ligeiramente plástico	ligeiramente pegajoso

Hz: horizonte; Prof.: profundidade.

Fonte: Autora.



Tabela 6 - Análise morfológica dos perfis analisados.

Ponto GPS	Perfil	Hz	Prof. (cm)	Mosqueados	Mosqueados	Mosqueados	Mosqueados	Nódulo /Concreções
				(tamanho)	(cor mancha úmido)	(cor mancha seco)	(quantidade)	
749	1	1	0-14	-	-	-	-	-
	1	2	14-60	-	-	-	-	-
				60-72+ NF	-	-	-	-
750	2	1	0-28	-	-	-	-	-
	2	2	28-90	-	-	-	-	-
752	3	1	0-33 (0-29)	pequeno	10YR 6/2	10YR 6/6	15%	-
	3	2	33-50	-	-	-	-	-
767	4	1	0-49 (0-46)	pequeno	10YR 6/2	10YR 5/3	3%	-
	4	2	49-70	pequeno	10YR 5/2	10YR 5/8	3%	-
	4	3	70-84	médio	10YR 6/3	10YR 5/6	25%	-
	4	4	84-115+	-	-	-	-	muito pouco

Hz: horizonte; Prof.: profundidade.

Fonte: Autora.

Os perfis analisados possuem matiz predominante 10YR (Figura 37) na cor úmida, variando valor e croma para preto (10YR 2/1); bruno acinzentado muito escuro (10YR 3/2); bruno escuro (10YR 3/3) e cinzento esverdeado (10YR 5/2). Os perfis de cor seca cinzento muito escuro (10YR 3/1); cinzento escuro (10YR 4/1); cinzento esverdeado (10YR 5/2); cinzento brunado escuro (10YR 6/2); bruno claro acinzentado (10YR 6/3) e cinza claro (10YR 7/2). As cores úmidas dos mosqueados são cinzento esverdeado (10YR 5/2); cinzento brunado escuro (10YR 6/2) e bruno claro acinzentado (10YR 6/3). Os mosqueados secos apresentam cor bruno (10YR 5/3); bruno amarelado (10YR 5/6 e 10YR 5/8) e amarelo brunado (10YR 6/6).

Estas características referentes as cores podem estar relacionadas ao processo de redução química e transporte do ferro no perfil, devido à sazonalidade de alagamentos neste sistema, destacando a intensa influência da flutuação do lençol freático sobre as propriedades morfológicas do solo (BISPO *et al.*, 2011; LIMA *et al.*, 2006).

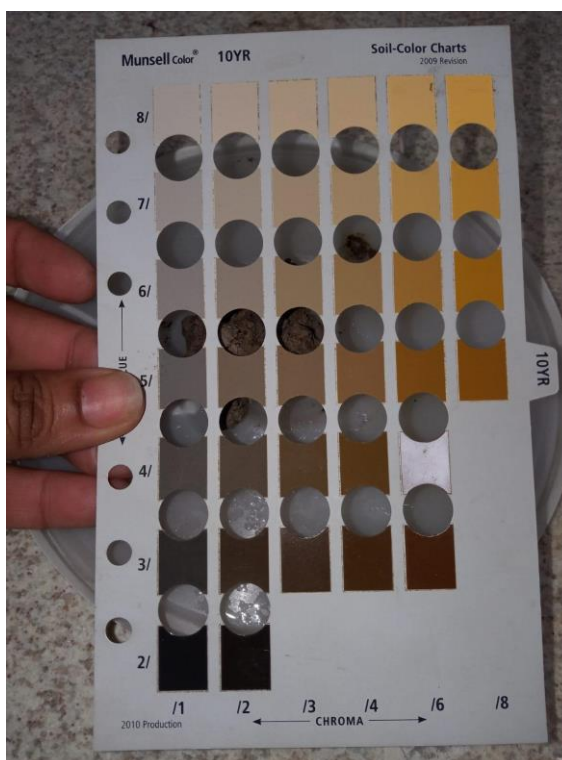


Figura 37 - Registro fotográfico da folha da Carta de Munsell na matiz 10YR, utilizada para a classificação da coloração das amostras de solo coletadas.

Fonte: Autora.

A estrutura dos perfis varia de laminar a subangular (Figura 38). No tamanho da estrutura, percebe-se que apenas o perfil 4 possui blocos variando do tamanho médio e grande, a grande e muito grande, enquanto os demais possuem tamanho médio. Há ausência de cerosidade em todos os perfis.



Figura 38 - Registro fotográfico mostrando o tamanho das estruturas do solo.  
Fonte: Autora.

Para plasticidade apenas os perfis 1 (horizontes 1 e 2), perfil 2 ambos os horizontes e perfil 3 horizonte 2 foram classificados como plástica, os demais foram classificados como ligeiramente plástica. Já a pegajosidade, a classificação pegajosa foi identificada nos perfis 1 horizonte 3 e no perfil 4, os outros perfis foram classificados como consistência ligeiramente pegajosa.

A densidade do solo varia em função da textura do solo (REICHERT et al., 2009; SUZUKI et al., 2013). Nesse sentido, considerando valores de densidade críticos devido a macroporosidade do solo (SUZUKI et al., 2022), exceto os horizontes 2, 3 e 4 do perfil 4, os demais apresentaram valores significativamente inferiores (Tabela 7). Marcolin (2006) afirma que a densidade dos solos arenosos pode variar de 1,3 a 1,8g cm<sup>-3</sup>, e os solos argilosos variam de 0,9 a 1,6g cm<sup>-3</sup> e de 0,2 a 0,6g cm<sup>-3</sup> para os Organossolos. Os valores de densidade elevados para o perfil 4 refletiram em menor porosidade total (Tabela 7). Apesar dos valores de densidade muito abaixo do que seria crítico para a macroporosidade, exceto na camada de 0-5 cm dos perfis, as demais apresentaram valores de macroporosidade baixos. De acordo com Baver (1949) e Grable e Siemer (1968), valores de macroporosidade abaixo de 0,10 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup> são críticos para o desenvolvimento das plantas. A umidade volumétrica do perfil 4 foi

inferior aos demais perfis, corroborando com a característica hidromórfica e a localização em áreas úmidas os perfis 1, 2 e 3.

Quanto maior a densidade do solo, menor a condutividade hidráulica. Quando um solo possui baixa densidade do solo e conseqüentemente uma alta porosidade total, especialmente macroporosidade, espera-se que este solo irá possuir alta capacidade de infiltração, conforme pode ser constatado na (Tabela 7). Os valores de condutividade hidráulica avaliada a campo (Tabela 8) são muito inferiores aos medidos em laboratório, mas semelhantes ao coeficiente de permeabilidade calculado pela equação desenvolvida por Allen Hazen em 1982 (PINTO, 2006), menor que  $0,004 \text{ mm h}^{-1}$  para todos os horizontes dos perfis. As maiores condutividades hidráulicas geralmente ocorreram na camada de 0-5cm do solo, possivelmente devido à alta concentração de raízes nessa camada, além do maior teor de matéria orgânica em relação as demais camadas do solo.

De acordo com Libardi (2005), a densidade de sólidos (ou densidade de partículas) varia entre 2,3 a  $2,9 \text{ g cm}^{-3}$  e como valor médio pode-se considerar  $2,65 \text{ g cm}^{-3}$ . Nesse sentido, o horizonte superficial dos perfis 1 e 3 apresentaram valores muito inferiores ao apresentado na literatura.

Tabela 7 - Características físico-hídricas do solo nos perfis amostrados.

Ponto GPS	Perfil	Hz	Prof. (cm)	DS ( $\text{g cm}^{-3}$ )	PT	MACRO %	MICRO	UV ( $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$ )	KS ( $\text{mm h}^{-1}$ ) (lab)
749	1	1	0-5	0,75	0,69	0,10	0,60	0,62	29,59
	1	1	5-10	1,06	0,51	0,02	0,49	0,49	2,01
	1	2	14-60	0,87	0,58	0,08	0,50	0,52	3,17
750	2	1	0-5	0,58	0,72	0,13	0,59	0,65	59,36
	2	1	5-10	1,00	0,49	0,03	0,46	0,43	12,12
	2	2	28-90	0,87	0,47	0,12	0,35	0,45	8,96
752	3	1	0-5	0,66	0,61	0,05	0,56	0,58	4,69
	3	1	5-10	0,81	0,61	0,04	0,58	0,61	12,02
	3	2	33-50	1,25	0,51	0,02	0,49	0,49	2,58
767	4	1	0-5	0,90	0,48	0,24	0,24	0,15	559,29
	4	1	5-10	1,21	0,44	0,14	0,31	0,22	87,02
	4	2	49-70	1,75	0,32	0,04	0,28	0,28	3,76
	4	3	70-84	1,68	0,31	0,06	0,25	0,29	14,3
	4	4	84-115+	1,64	0,32	0,06	0,27	0,31	21,12

Hz: Horizonte; DS: Densidade do solo; PT: Porosidade total; UV: Umidade volumétrica; KS: Condutividade hidráulica.

Fonte: Autora.

Tabela 8 - Características físico-hídricas do solo nos perfis amostrados.

Ponto GPS	Perfil	Hz	Prof. (cm)	DP (g cm <sup>3</sup> )	KS mm h <sup>-1</sup> (campo)
749	1	1	0-14	1,84	0,0005037500
	1	2	14-60	2,03	
	1	3	60-72	2,43	
750	2	1	0-28	2,20	0,0000000001
	2	2	28-90	2,37	
752	3	1	0-33	1,80	0,0001508759
	3	2	33-50	2,25	
767	4	1	0-49	2,42	0,0005198740
	4	2	49-70	2,37	
	4	3	70-84	2,38	
	4	4	84-115+	2,39	

Hz: horizonte; DP: Densidade de partículas; KS: Condutividade hidráulica.

Fonte: Autora

Nas observações de campo percebeu-se que as camadas de 5-10cm dos perfis 1, 2 e 3 estavam compactados, possivelmente devido ao pisoteio de bovinos (Figura 39) presentes na área de estudo, contribuindo para o processo de compactação, o que corrobora com os resultados de baixa condutividade hidráulica e macroporosidade. De acordo com o relato do arrendatário do terreno, a vegetação (Figura 40) presente na área foi plantada com o intuito de alimentar os animais presentes na área.

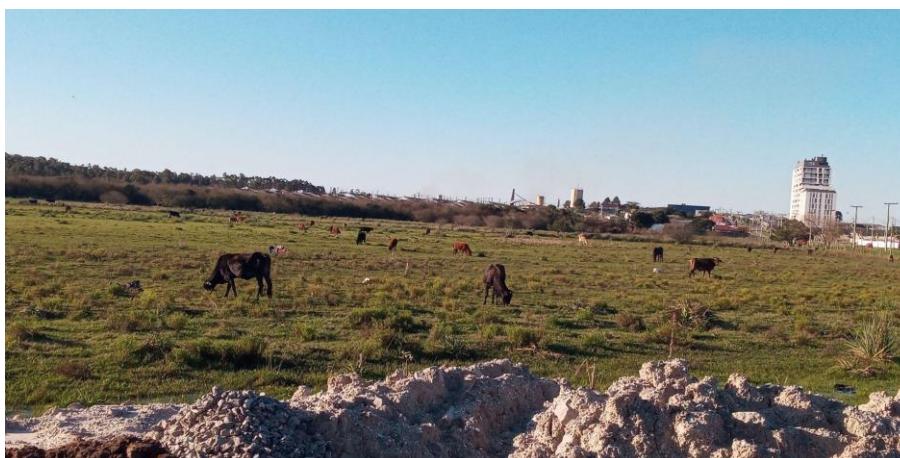


Figura 39 - Registro fotográfico panorâmico na área onde foi realizada a abertura da Trincheira 3 (perfil 3), no dia 19/08/2022. Evidencia-se a presença de animais na área de estudo.

Fonte: Autora.



Figura 40 - Registro fotográfico panorâmico na área onde foi realizada a abertura da Trincheira 1 (perfil 1), no dia 13/08/2022. Evidencia-se a vegetação plantada na área de estudo.  
Fonte: Autora.

Estudos realizados por Reichert *et al.* (2007) avaliaram que a profundidade de compactação do solo pode variar em função das especificações do maquinário utilizado para o plantio e o seu rodado, o número de vezes que o solo é trafegado, as condições do solo, e o histórico de pressões, além do manejo, ou seja, se é para pastagem, florestamento ou agricultura. Os mesmos autores citam que, em áreas sob pastagem, a compactação do solo causada pelo pisoteio de animais concentra-se até 10cm. Nos trabalhos realizados por Horn (2003), verificou-se que devido ao aumento da compactação do solo, as partículas, ou, os poros do solo acabam se rearranjando, causando anisotropia das funções dos poros, consequentemente reduzindo o fluxo de água de acordo com o decréscimo dos diâmetros dos poros.

Quando o solo é submetido aos processos de compactação, a sua resistência é aumentada e a porosidade total é reduzida, devido a isso, as taxas de infiltração de água e a condutividade hidráulica do solo saturados são reduzidas, consequentemente aumentando o escoamento superficial (REICHERT *et al.*, 2007).

Por meio dos trabalhos realizados por Xavier (2017), e com o auxílio dos *shapefiles* da área de estudo, refinou-se os dados com o auxílio do software QGis 3.16, e obteve-se o mapa pedológico (Figura 41). A maioria dos pontos coletados na área de estudo referentes às trincheiras 1, 2 e 3 (respectivamente perfis 1, 2 e 3), e as demais tradagens, localizam-se na legenda (GM1), correspondente a Unidade Gleissolos Melânicos, e o perfil 4 e as tradagens 775, 777 e 779 encontram-se bem na faixa de transição (SX4), referente a Unidade Planossolos Háplicos.

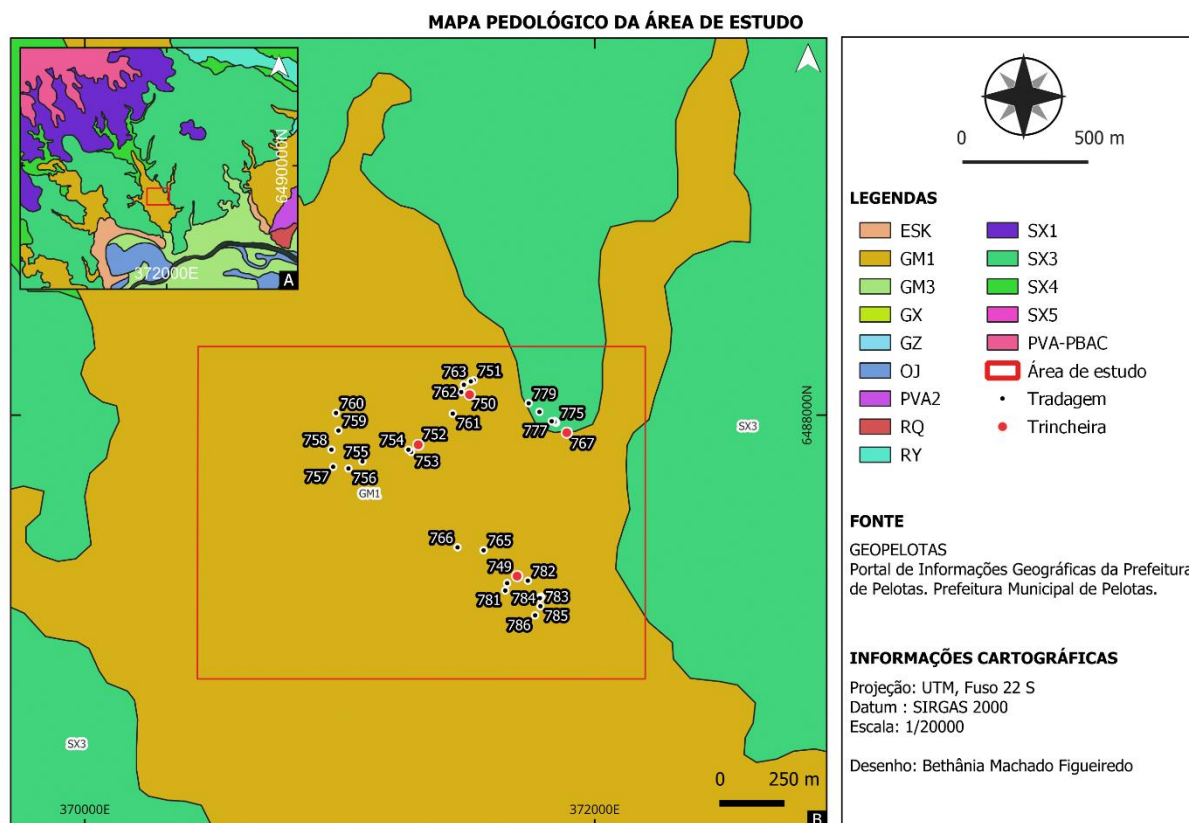


Figura 41- Mapa pedagógico da área de estudo, indicando que maioria dos pontos amostrados se encontram na área GM1 correspondente a Unidade Gleissolos Melânicos e a minoria dos pontos na área SX3 correspondente a Unidade Planossolos Háplicos.

Fonte: Autora.

Os estudos realizados por Xavier (2010) e Xavier (2017), classificam a Unidade Gleissolos Melânicos (GM1), como solos hidromórficos com a presença de horizonte glei dentro dos 60cm a partir da superfície. De modo geral, apresenta uma textura argilosa, excessiva má drenagem e baixa permeabilidade. Essas áreas abrangem as planícies de inundação, ou seja, áreas baixas e planas dos Arroios Santa Bárbara, Fragata, Pelotas e Padre Doutor. O mesmo autor complementa que em geral, esses solos são profundos e mal drenados, e que nas áreas onde o material de origem é formado, encontram-se sedimentos argilosos aluviais, a camada superficial possui textura siltosa ou argilosa e possui boa estrutura. Cunha e Silveira (1996) observaram que nas áreas onde o material de origem é formado, possui sedimentos arenosos fluviais, a textura varia entre areia a franco-argilo-siltoso e as estruturas são variáveis. Em boa parte da área e associados ao Gleissolos Melânicos podem ocorrer Organossolos Háplicos, esses solos são muito mal drenados, com camada superior orgânica de 30cm, com turfas (matéria orgânica >18%). Possuindo sedimentos argilosos consolidados e com a mesma sequência de horizontes do Glei Húmicos, isto

é, presença de argila de cor preta sobre a cor cinza. Em alguns locais, podem ocorrer subsolo arenoso, caracterizando Neossolos Flúvicos (CUNHA; SILVEIRA, 1996).

Os trabalhos realizados no presente estudo reforçam que os perfis 1, 2 e 3 possuem características hidromórficas e, apesar da dificuldade de se abrir trincheiras mais profundas nesses perfis devido ao afloramento do lençol freático, há possibilidade de que os perfis 1 e 3 se enquadrem em Gleissolo Háplico Ta eutrófico típico e o perfil 2 Gleissolo Háplico Ta distrófico típico.

A Unidade Planossolos Háplicos (SX4), são descritas por Xavier (2010) e Xavier (2017), como solos hidromórficos, com a presença de B textural, apresentam mudanças textural abrupta entre os horizontes superficiais e subsuperficiais. Possui transição brusca para o horizonte mais argiloso, presença de textura arenosa no horizonte eluvial, coloração cinza, presença de mosqueados devido a feições associadas ao excesso de umidade. Os Planossolos originam-se por processos de eluviação-iluviação e gleização (XAVIER, 2017). Devido ao alto grau de dispersamento das argilas, o horizonte B apresenta um grau elevado de adensamento, baixa permeabilidade, e a estrutura possui aspecto maciço. Em 54,1 % das áreas estudadas por Cunha e Silveira (1996), possuem camada superficial de textura média, ou seja, franco-arenosa ou franca, presença de estrutura maciça, com transição abrupta para a camada subsuperficial, possui textura argilosa ou franca, e estrutura fraca. Possuem alta atividade de argilas e são em geral, moderadamente ou mal drenados. Quando associados aos Depósitos Coluviais, são associados em sua maioria ao Argissolo Amarelo Indiscriminado, geralmente são solos de moderadamente a mal drenado profundo, e quando associados sobre os Depósitos Aluviais, de Leques Aluviais e de Planície Lagunar se associam ao Planossolo Nátrico indiscriminado e ao Gleissolos Háplico indiscriminado (CUNHA; SILVEIRA, 1996).

Até a profundidade avaliada no perfil 4, não se observou a presença de um horizonte B textural, não sendo possível, pela profundidade avaliada, definir a classe de solo, contudo, foi constatada a textura franco arenosa a franca, conforme os autores citaram anteriormente, e foi constatada a presença de mosqueados.

Em relação a Resolução Consema 380/2018, sugere a revisão de alguns artigos nelas pontuados, como por exemplo, o inciso III do Art 3º, quando cita o horizonte glei:

III – ocorrência do horizonte glei nos primeiros 50 centímetros do solo.



Uma vez que o horizonte glei pode estar presente em níveis abaixo do recomendado na resolução, isto é, devido às oscilações no nível freático pode haver algum tipo de alteração. E não apenas o horizonte glei serve como indicativo de áreas úmidas, quando se existem outros tipos de solos que possuem características hidromórficas como por exemplo, os Planossolos, Espodossolos (E. Hidromórficos), Neossolos (N. Quartzarênicos hidromórficos), Organossolos, Plintossolos, Vertissolos, além do próprio Gleissolo, cada um deles com suas particularidades.

No Art 4º, a Resolução cita:

Não serão considerados banhados os terrenos urbanos com acúmulo de água, contínuo ou intermitente, decorrente de ações antrópicas, no próprio imóvel ou em áreas vizinhas, tais como terraplenagem, escavações impermeabilização, obras de infraestrutura, entre outras.

Uma discussão a ser revista, uma vez que, devidos às ações antrópicas a área pode adquirir características de banhado/áreas úmidas, e os ecossistemas como por exemplo, a fauna e flora, já se consolidarem e desempenharem diversos papéis ecológicos. Esse artigo em muitos processos envolvendo o licenciamento ambiental é usado como forma de descaracterizar a área de banhado consolidado antropicamente, com o intuito de pressionar o órgão ambiental na tomada de decisões para dar seguimento nos processos de licenciamento dessas áreas.

Conforme a legislação do Rio Grande do Sul descrita no item 3.8 Áreas Úmidas, na área de estudo foi identificada as vegetações caraguatá-de-banhados (*Eryngium pandanifolium*) e Pinheirinho-da-água (*Myriophyllum brasiliensis*) (Figura 42A e Figura 42B), ou seja, espécies que são utilizadas para o enquadramento de banhados.



Figura 42 - Registro fotográfico de campo evidenciando a vegetação encontrada na área de estudo. A Figura A popularmente conhecida como Caraguatá-de-banhados (*Eryngium pandanifolium*). A Figura B é o Pinheirinho-da-água (*Myriophyllum brasiliensis*).  
Fonte: Autora.

Conforme os dados obtidos por meio da caracterização físico-hídrica e com base nas descrições morfológica realizadas à campo e em laboratório, percebe-se que os solos correspondentes ao perfil 1, 2 e 3 são solos que possuem características hidromórficas (Figura 43), baixa condutividade hidráulica, estão situadas em um relevo mais baixo quando comparado ao perfil 4, que possui característica franco-arenosa, está situado em uma altitude mais elevada e possui condutividade hidráulica mais elevada (Figura 44). De acordo com os mapas confeccionados, a área de estudo, principalmente os perfis de solos hidromórficos (perfis 1, 2 e 3) encontram-se situados em uma área de Áreas Especiais de Interesse do Ambiente Natural - AEIAN (Figura 45) e próximo às margens do Canal Santa Bárbara.

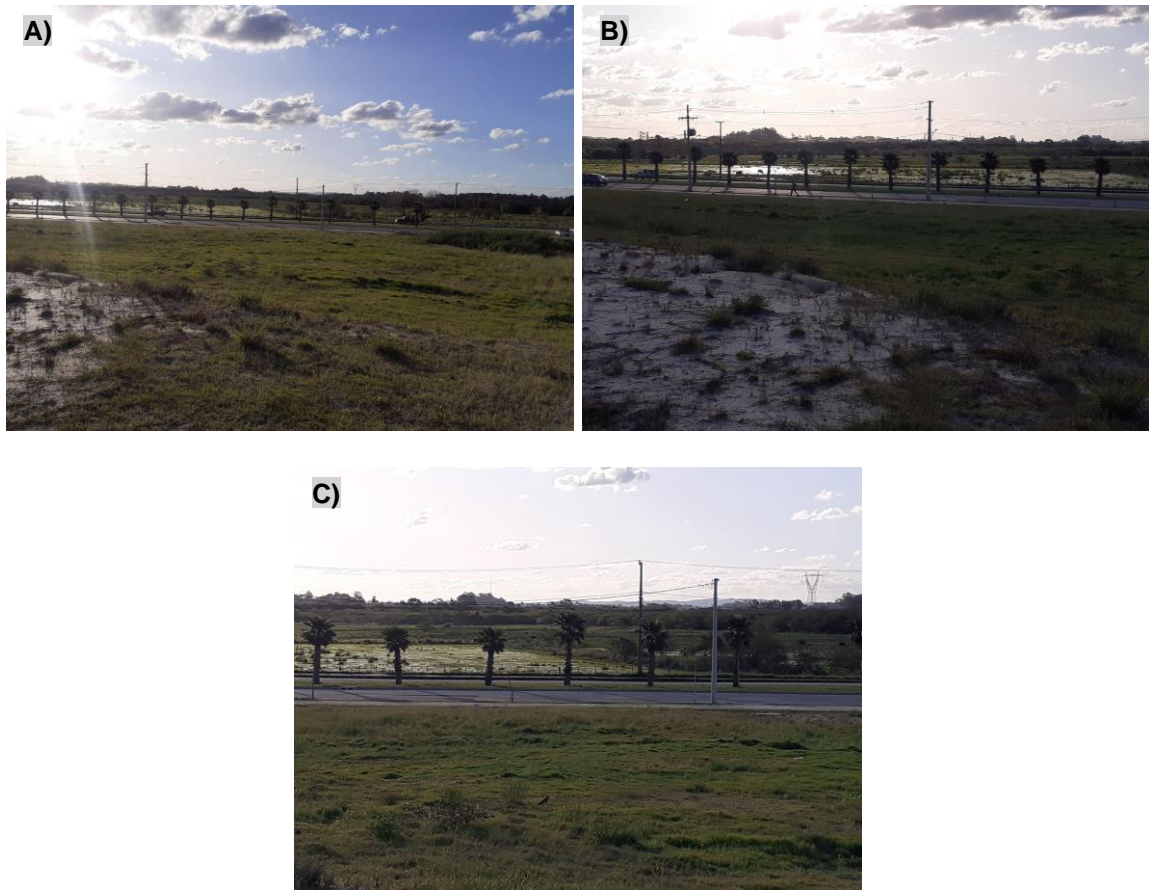


Figura 43 - Registro fotográfico de campo evidenciando pontos de empoçamento na região mais baixa na área de estudo (perfil 2). Esse registro foi feito no dia 07/10/2022, após um expressivo volume pluviométrico registrado na cidade.  
Fonte: Suzuki, 2022.





Figura 44 - Registro fotográfico de campo evidenciando que nos pontos de cotas mais altas do terreno (perfil 4) não há registros de empoçamento. Esse registro foi feito no dia 07/10/2022, após um expressivo volume pluviométrico registrado na cidade.  
Fonte: Suzuki, 2022.

Essas áreas são consideradas AEIAN por apresentarem peculiaridades ecológicas, sendo levado em consideração os aspectos hidrológicos, faunísticos e florísticos, pedológicos, ocupações humanas, geomorfológicos, caracterizando estas condições como biodiversidade local (XAVIER, 2010). Essas áreas apresentam diferentes níveis de proteção, com usos proibidos ou limitados, com restrição ou limitação ao uso do solo e preservação de seus recursos naturais, ao lazer, à recreação, aos eventos culturais, ao turismo e à educação (PMP, 2008).

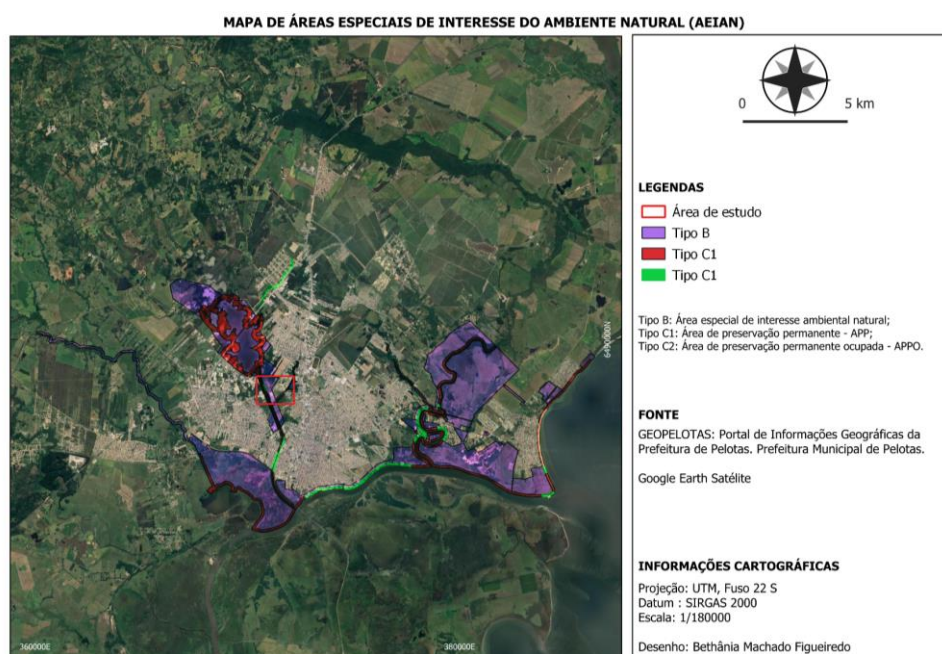


Figura 45 - Mapa das Áreas Especiais de Interesse do Ambiente Natural - AEIAN do município, evidenciando que a área de estudo se encontra na área Tipo B, correspondente a Área especial de interesse ambiental natural.  
Fonte: Autora

Temos presenciado um grande avanço imobiliário na área de estudo (Figura 46A a Figura 46D). Diversos autores pontuam os riscos ambientais relacionados à expansão imobiliária em áreas com essas características, como por exemplo o trabalho realizado por Nunes *et al.* (2011), onde cita que o avanço da expansão urbana em área de mata ciliar amplia a impermeabilização do solo, conseqüentemente aumentando o escoamento superficial. Buffon (2016), reforça que as deficiências na estrutura de escoamento pluvial devido a expansão urbana sem os devidos planejamentos é um cenário propício para a ocorrência de inundações, podendo provocar disseminação de doenças por meio de proliferação de vetores, além de causar danos materiais.

A expansão urbana sem os devidos planejamentos em área de mata ciliar afeta a qualidade das águas subterrâneas e superficiais, devido ao lançamento de resíduos líquidos e sólidos (PAULO *et al.*, 2016).

Brun *et al.* (2007) pontuam que a remoção da cobertura vegetal impacta diretamente a fauna e a flora do local, uma vez, que essas vegetações são utilizadas como refúgio e reprodução de muitas espécies. Peres e Polidori (2011) reforçam que a vegetação desempenha um papel importante no microclima, já que, o manejo inadequado pode potencializar as ilhas de calor. Pedron *et al.* (2004) reforça que os solos acabam sendo afetados pelo avanço das áreas urbanizadas, pois, o adensamento urbano provoca a compactação dos solos, afetando processos como infiltração e impactos a fauna presentes. Devido aos processos de compactação do solo, os processos relacionados a assoreamentos e a erosão são intensificados, favorecendo eventos de poluição, inundações e deslizamentos (PEDRON *et al.*, 2004).

Nos aspectos tangíveis as áreas úmidas, este ambiente é extremamente valioso devido as riquezas das espécies que se encontram disponíveis nessas áreas, principalmente por estar envolvido no equilíbrio hidrológico adjacente e pela grande produção primária local sendo considerado um verdadeiro criadouro natural (ASMUS, 2006).

Devido ao “efeito esponja” que essas áreas úmidas acabam proporcionando, e por funcionarem como lagos de inundações, esse ambiente acaba-se constituindo como um habitat exclusivo de fauna e flora que podem ser ameaçados de extinção, e sua descaracterização podem ocasionar infrações na Lei 12.651/2012 (Código Florestal) e na Lei 9.605/98 (Leis de Crimes Ambientais).

Conforme ASMUS (2006), outro aspecto importante é a presença de vestígios de Mata Atlântica em direção à região sul do Rio Grande do Sul, pois, essa formação vegetal é considerada pela UNESCO uma espécie de Reserva Biosfera e patrimônio natural pela Constituição Federal de 1988.



Figura 46 - Registro fotográfico de campo mostrando algumas etapas relacionadas à expansão urbana na área de estudo. A Figura A e B evidenciam algumas etapas de obras realizadas em 19/09/2019. A Figura C e D evidenciam as etapas atuais em relação às obras que estão sendo executadas na área de estudo em 15/04/2022.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo como base a caracterização físico-hídrica e morfológica dos solos presentes em uma área localizada na região norte do município de Pelotas/RS, pode-se fazer as seguintes considerações:

Nas zonas de baixas altitudes da área de estudo, há a presença de solos hidromórficos (perfis 1, 2 e 3) (Gleissolos), corroborando com a primeira hipótese deste trabalho, com oscilação do nível freático superficial em diferentes pontos amostrados por meio das tradagens, associado à baixa condutividade hidráulica e macroporosidade do solo. Nas zonas mais altas, é possível a ocorrência de solos hidromórficos (perfil 4) (Planossolos), mas com características físico-hídricas e morfológicas diferentes dos perfis amostrados nas zonas baixas, especialmente a maior condutividade hidráulica.

Devido à baixa condutividade hidráulica do solo e o nível freático superficial nas áreas mais baixas, além de serem áreas de recebimento de água pluvial das áreas mais elevadas, estas áreas são de extrema importância e de elevada fragilidade ambiental. As áreas úmidas possuem uma especificidade bem grande no papel que desenvolvem dentro do ecossistema, prestando vários serviços ambientais e funções importantes a serem preservadas, como por exemplo, a capacidade de armazenar água e conseqüentemente alimentando a recarga de aquíferos subterrâneos, servem como “esponja” nessas áreas, mantendo a produtividade da fauna e flora no período de seca/estiagem, auxílio na regularização climática e purificação da água.

O mapeamento detalhado de solos (características físico-hídricas e morfológicas), pode auxiliar com melhor eficácia e eficiência no gerenciamento e tomada de decisões na expansão urbana da cidade, uma vez que o desenvolvimento do município necessita de uma expansão de forma consciente e organizada, e atreladas ao benefício da preservação de áreas úmidas.

Em relação a Resolução Consema 380/2018, sugere-se a revisão de alguns artigos nelas pontuados, uma vez que o horizonte glei pode estar mais profundo que o indicado na resolução. Não é apenas o horizonte glei indicador de áreas úmidas, outras classes de solos (ESPODOSSOLOS (E. Hidromórficos), GLEISSOLOS, NEOSSOLOS (N. Quartzarênicos hidromórficos), ORGANOSSOLOS, PLANOSSOLOS, PLINTOSSOLOS (P. Gleissólicos) e VERTISSOLOS (V. Hidromórficos) também possuem características hidromórficas.

## 8 REFERÊNCIAS

\_\_\_\_\_. Manual Técnico da Vegetação Brasileira. In: **Manuais Técnicos em Geociências**. Nº 1. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro/ RJ, 2012.

\_\_\_\_\_. **Vegetação**. Pelotas/Mostardas e Pedro Osório – RS, folhas SH.22-Y-D/Z-C e SH.22-Y-C. IBGE, 2003. Escala 1:250000. Disponível em: <[geoftp.ibge.gov.br/informacoes\\_ambientais/vegetacao/mapas/escala\\_250\\_mil](http://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/vegetacao/mapas/escala_250_mil)>. Acesso em: 30 de jun 2022.

ALBANO, M.P. **A importância do planejamento urbano ambiental – a habitação social e a expansão urbana em Presidente Prudente-SP** (Dissertação de mestrado). Universidade do Oeste Paulista, Presidente Prudente, 2013.

ALMEIDA, F.F.M; HASUI, Y. **O Pré-Cambriano do Brasil**. São Paulo: Edgard Blucher, 1984. 378 p. il. cap. 2. p. 6-35.

ASMUS, M. Análise Ambiental da Ocupação Urbana do Pontal da Barra, Praiada Laranjal, Pelotas/RS. **Cadernos de Ecologia Aquática**, FURG, Rio Grande, v.1, n. 2, p. 30-37, dez. 2006

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT. **ABNT NBR 7180: Solo - determinação do limite de plasticidade**. Rio de Janeiro: ABNT, 1984. 3 p.

BAGARELLO, V.; IOVINO, M.; ELRICK, D. A simplified falling-head technique for rapid determination of field-saturated hydraulic conductivity. **Soil Science Society of America Journal**, v. 68, p. 66-73, 2004.

BAPTISTA, M.; CARDOSO, A. Rios e cidades: uma longa e sinuosa história. **Revista UFMG**, Belo horizonte, v. 20, n.2, p. 124-153, jul./dez. 2013.

BAVER, L.D. Practical values from physical analyses of soils. **Soil Science**, v. 68, p. 1–14, 1949.

BERTOL, O. J.; AZEVEDO, M. L.; BRAGAGNOLO, E. A.; BODNAR, A. **Manejo e conservação do solo e da água**. Série de cadernos técnicos da agenda parlamentar do Paraná. 2016. 53p. Disponível em: <https://www.crea-pr.org.br/ws/wp-content/uploads/2016/12/manejo-e-conservacao-do-solo-e-da-agua.pdf>. Acesso em: 31 jul. 2022.

BIODIVERSIDADE DO RIO GRANDE DO SUL. **Vegetação**. 2018. Disponível em: <[http://www.biodiversidade.rs.gov.br/portal/index.php?acao=secoes\\_portal&id=26&submenu=14](http://www.biodiversidade.rs.gov.br/portal/index.php?acao=secoes_portal&id=26&submenu=14)>. Acesso em: 28 set. 2022.

BISPO, F.H.A.; SILVA, A.C.; TORRADO, P. V. High lands of the upper Jequitinhonha Valley, Brazil. I - Characterization and classification. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 35, p.1069-1080, 2011.



BLAKE, G. R.; HARTGE, K. H. Bulk density. In: KLUTE, A. **Methods of soil analysis: Physical and mineralogical methods**. 2nd ed. Madison: American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, 1986. p. 363-375.

BRASIL (2001, 11 de julho). **Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001**. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Brasília: Diário Oficial da União.

BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Presidente da República, [2016]. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm)>. Acesso em 18 fev. 2022.

BRASIL. Constituição (2012). **Decreto nº 7.830, de 17 de outubro de 2012**. Dispõe Sobre o Sistema de Cadastro Ambiental Rural, o Cadastro Ambiental Rural. Brasília, DF. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/decreto/d7830.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/decreto/d7830.htm). Acesso em: 15 de ago.2022.

BRASIL. **Decreto nº 1.905, de 16 de maio de 1996**. Promulga a Convenção sobre Zonas Úmidas de Importância Internacional, especialmente como Habitat de Aves Aquáticas, conhecida como Convenção de Ramsar, de 02 de fevereiro de 1971. Disponível em [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/1996/d1905.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1996/d1905.htm). Acesso em 30 de jun 2022.

BRASIL. **Lei Federal nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998**. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Disponível em [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L9605.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9605.htm). Acesso em 10 nov. 2022.

BRASIL. **Lei nº 12.561 de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm). Acesso em: 05 set. 2022.

BRASIL. **Lei nº 6.225, de 14 de julho de 1975**. Dispõe sobre discriminação, pelo Ministério da Agricultura, de regiões para execução obrigatória de planos de proteção ao solo e de combate à erosão e dá outras providências. Brasília: Presidência da República, 1975. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l6225.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6225.htm). Acesso em: 30 jul. 2022.

BRASIL. Ministério das Cidades. **Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia (2004)**. Plano Diretor Participativo - guia para a elaboração pelos municípios e cidadãos. Brasília: Ministério das Cidades; CONFEA.

BRETANHA, S.S.F.; KOBIYAMA, M. Estudo do clima no Município de Pelotas – RS. **Revista Geonorte**. v.7, n.27, p. 30-49, 2016.

BRUN, F. G. K.; LINK, D.; BRUN, E. J. O emprego da arborização na manutenção da biodiversidade de fauna em áreas urbanas. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 2, n. 1, p. 117–127, 2007.

BUFFON, E. A. M. A leptospirose humana no AU-RMC (aglomerado urbano da Região Metropolitana de Curitiba/Pr)-risco vulnerabilidade socioambiental. ,2016.

BURGER, M. I. **Situação e ações prioritárias para a conservação de Banhados e áreas úmidas da zona costeira**. Base de Dados Tropical. Porto Seguro, 2000.

CANEPA, C. **Cidades sustentáveis: o município como lócus da sustentabilidade**. São Paulo: RCS Editora, 2007.

CHIARELLI, L. M. A. **Habitação social em Pelotas (1987 – 2010) influências das políticas públicas na promoção de conjuntos habitacionais**. Tese (Doutorado em História) – Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

COGOY, C. Meio ambiente: mais de 60 espécies de aves habitam no banhado urbano próximo ao Big em Pelotas. **Diário da Manhã**, Pelotas, 2022. Caderno Notícias. Disponível em: <https://diariodamanhapelotas.com.br/site/meio-ambiente-mais-de-60-especies-de-aves-habitam-no-banhado-urbano-proximo-ao-big-em-pelotas/>. Acesso em: 31 jul. 2022.

Compton, R.R. (1962) *Manual of Field Geology*. John Wiley & Sons, New York, 378 p.

CONSELHO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE – CONSEMA. **Resolução CONSEMA nº 380/2018**. Dispõe sobre os critérios para identificação e enquadramento de banhados em imóveis urbanos. Porto Alegre, 13/09/2018. Disponível em: <https://www.sema.rs.gov.br/upload/arquivos/201810/08143237-380-2018-criterios-para-identificacao-e-enquadramento-de-banhados-em-imoveis-urbanos.pdf>. Acesso em: 31 jul. 2022.

CONVENTION ON WETLANDS. **Global Wetland Outlook: Special Edition 2021**. Gland, Switzerland: Secretariat of the Convention on Wetlands, 2021. 53p.

Disponível em:

[https://static1.squarespace.com/static/5b256c78e17ba335ea89fe1f/t/61b8a904f3ceb458e9b5ca44/1639491853578/Ramsar+GWO\\_Special+Edition+2021%E2%80%93ENGLISH\\_WEB.pdf](https://static1.squarespace.com/static/5b256c78e17ba335ea89fe1f/t/61b8a904f3ceb458e9b5ca44/1639491853578/Ramsar+GWO_Special+Edition+2021%E2%80%93ENGLISH_WEB.pdf). Acesso em: 31 jul. 2022.

CPRM, 2019. Levantamento geológico e de potencial mineral de novas fronteiras. Relatório técnico. **Projeto Sudeste do Rio Grande do Sul**. Escalas 1:250000 e 1:100000.

CRUZ, Rodrigo Fabiano da. *Carta geológica: folha SH.22-Y-D-IV Pelotas*. Porto Alegre: CPRM, 2019.

CUNHA, C. N. da; PIEDADE, M. T. F.; JUNK, W. J. Classificação e delineamento das áreas úmidas brasileiras e de seus macrohabitats. Cuiabá: **EdUFMT**, 2015. 165p.

CUNHA, N. G.; SILVEIRA, R. J. C. **Estudo dos solos do município de Pelotas: EMBRAPA/CPACT. CAPACT N° 12/96.** Pelotas: Ed. UFPel, 1996a. 50p.

CURI, N.; LARACH, J.O.I.; KAMPF, N.; MONIZ, A.C.; FONTES, L.E.F. **Vocabulário de ciência do solo.** Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1993. 90 p.

DAVIDSON, N. C.; DINESEN, L.; FENNESY, S.; FINLAYSON, C. M.; MCINNES, R.; GRILLAS, P.; GROBICKI, A.; MCINNES, R. J.; STROU, B. D. A. Trends in the ecological character of the world's wetlands. **Marine and Freshwater Research**, v. 71, n. 1, p. 127-138, 2019.

DUTRA, D. S. **Mapeamento geomorfológico da área de influência do Escudo Sul-Rio-Grandense no município de Pelotas/RS.** 2016. 139f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Instituto de Ciências Humanas, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2016.

ELRICK, D. E.; REYNOLDS, W. D. Methods of analyzing constant-head well permeameter data. **Soil Science Society of America Journal**, v. 56, p. 320–323, 1992.

EMBRAPA - UFPEL - INMET. Disponível em: <http://www.cpact.embrapa.br/agromet/>. Acesso em: 18 abr. 2022.

ESTADO DE SÃO PAULO. DEFESA AGROPECUÁRIA. **Programa de Conservação do Solo Agrícola.** São Paulo, sem data. Disponível em: <https://www.defesa.agricultura.sp.gov.br/www/programas/?/conservacao-e-preservacao-do-solo/conservacao-do-solo-agricola/&cod=28>. Acesso em: 31 jul. 2022.

ESTADO DO MATO GROSSO DO SUL. SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE, DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO, PRODUÇÃO E AGRICULTURA FAMILIAR. **PROSOLO – Plano Estadual de Manejo e Conservação do Solo e da Água.** sem data. Disponível em: <https://www.semagro.ms.gov.br/Geral/prosolo/page/2/>. Acesso em: 31 jul. 2022.

ESTADO DO MATO GROSSO. **Lei nº 6.115 de 23/11/1992.** Dispõe sobre conservação e preservação do recurso solo e adota outras providências. Governo do Estado do Mato Grosso, 1992. Disponível em: <https://leisestaduais.com.br/mt/lei-ordinaria-n-6115-1992-mato-grosso-dispoe-sobre-conservacao-e-preservacao-do-recurso-solo-e-adota-outras-providencias>. Acesso em: 31 jul. 2022.

ESTADO DO PARANÁ. **Decreto nº 4966 de 29/08/2016.** Institui o Programa Integrado de Conservação de Solo e Água do Paraná e dá outras providências. Governo do Estado do Paraná, 29 ago. 2016. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=327957>. Acesso em: 31 jul. 2022.

ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. **Lei nº 15434 de 09/01/2020.** Institui o Código Estadual do Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul. Governo do Estado do Rio Grande do Sul, 2020. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=388665>. Acesso em: 30 jul. 2022.

ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. SECRETARIA DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E IRRIGAÇÃO. **Programa Estadual de Conservação de Solo e Água**. Porto Alegre, 03 de dez. 2015. Disponível em: [www.soloeagua.rs.gov.br](http://www.soloeagua.rs.gov.br). Acesso em: 31 jul. 2022.

FERRARI, C. (1991). **Curso de planejamento municipal integrado: urbanismo** (7a ed.). São Paulo: Pioneira.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUIS ROESSLER - FEPAM. **Mapa de Classificação dos Solos do Estado do Rio Grande do Sul quanto à resistência a impactos ambientais**. Porto Alegre: FEPAM. 13 p. Relatório final de consultoria elaborado por Nestor Kämpf. Mapa em meio digital. 2001. Disponível em: [http://www.fepam.rs.gov.br/biblioteca/mapa\\_solos.pdf](http://www.fepam.rs.gov.br/biblioteca/mapa_solos.pdf). Acesso em: 31 jul. 2022.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUIZ ROESSLER - FEPAM; UFRGS/FAURGS, Acordo de Cooperação Técnica FEPAM/FZBRS. MMA. **Caracterização dos Ativos Ambientais em Áreas Selecionadas da Zona Costeira Brasileira**. Brasília, Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal-Secretaria de Implementação de Políticas e Normas Ambientais - Programa Nacional do Meio Ambiente, 1998.

GEE, G. W.; OR, D. Particle-size analysis. In: DANE, J. H., TOPP, C. (Co-eds.). **Methods of soil analysis. Part IV: Physical methods**. 5th ed. Madison: Soil Science Society of America, p. 255-293, 2002.

GLOBAL WETLAND OUTLOOK. **Healthy wetlands are critical to meeting sustainable development goals**. Disponível em: <https://www.global-wetland-outlook.ramsar.org/>. Acesso em: 31 jul. 2022.

Grable, A.R.; Siemer, E.G. Effects of bulk density, aggregate size, and soil water suction on oxygen diffusion, redox potential and elongation of corn roots. *Soil Science Society of America Proceedings*, v. 32, p. 180–186, 1968. <https://doi.org/10.2136/sssaj1968.03615995003200020011x>

HAMMES, D. F.; ZWIRTES, S. Projeto materiais de construção da região de Pelotas, Rio Grande e entorno. **Informe de Recursos Minerais**, Serviço Geológico do Brasil (SGB) - Companhia de Recursos Minerais (CPRM). Porto Alegre, 2021.  
HANSMANN, Henrique Z. **Descrição e caracterização das principais enchentes e alagamentos de Pelotas-RS**. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária). Pelotas: Centro de Engenharias, Universidade Federal de Pelotas, 2013.

HONDA, S. C. A. L.; VIEIRA, M. C.; ALBANO, M. P.; MARIA, Y. R. (2015). Planejamento ambiental e ocupação do solo urbano em Presidente Prudente (SP). *Urbe*, 7(1), 62–73. <https://doi.org/10.1590/2175-3369.007.001.AO04>.

HORN, R. & FLEIGE, H. A method for assessing the impact of load on mechanical stability and on physical properties of soils. **Soil Till. Res.**, 73:89-99, 2003.

IBAMA. 2000. **Banhados**. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br>. Acesso em: 01 ago. 2022

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Panorama IBGE**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/pelotas/panorama>>. Acessado em: 10 mar. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Panorama IBGE**. Disponível em: <<https://censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?dados=0&uf=43>>. Acesso em: 18 abr. 2022.

LIBARDI, P. L. **Dinâmica da água no solo**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2005. 335 p.

LIMA, H.N.; MELLO, J.W.V.; SCHAEFER C.E.G.R.; KER, J.C.; LIMA, A.M.N. Mineralogia e química de três solos de uma topossequência da bacia sedimentar do Alto Solimões, Amazônia Ocidental. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 30, p. 59- 68, 2006.

MACEDO, R.S. **Atributos físicos, químicos e mineralógicos de solos com horizonte antrópico (Terra Preta de Índio) em área de várzea do rio Solimões, AM**. Manaus, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Amazonas, 2009. 73p.

MACHADO, I. F. **Diversidade e conservação de anuros em Áreas Úmidas costeiras no sul do Brasil**. (Tese de Doutorado). 2011. Programa de Pós-Graduação em Biologia. Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2011.

MALTCHIK, L. **Áreas úmidas: importância, inventários e classificação**. Ed. São Leopoldo: Unisinos, 2003. 79p.

MAPA DE CONFLITOS: **Injustiça ambiental e saúde no Brasil**. RS – Moradores e pescadores de Pontal da Barra sofrem com empreendimentos irregulares e precárias condições de vida. s.d. Disponível em: <http://mapadeconflitos.ensp.fiocruz.br/conflito/rs-moradores-e-pescadores-de-pontal-da-barra-sofrem-com-empreendimentos-irregulares-e-precarias-condicoes-de-vida/>. Acesso em 31 jul. 2022.

MARCOLIN, C. D. Propriedades físicas de nitossolo e latossolos argilosos sob plantio direto. Pós-graduação. UPF, 2006, p. 6-13.

MARQUES, M. G. Construção tem saldo positivo de 18% em 2021. **Diário Popular**, Pelotas, 11 mar. 2022. Caderno Economia. Disponível em: <https://www.diariopopular.com.br/economia/construcao-tem-saldo-positivo-de-18-em-2021-169186/#:~:text=Seguindo%20os%20resultados%20positivos%20alcan%C3%A7ados,da%20pandemia%20da%20Covid%2D19>. Acesso em: 30 jul. 2022.

MCINNES, R. J.; DAVIDSON, N. C.; ROSTRON, C. P.; SIMPSON, M.; FINLAYSON, C. M. A Citizen Science State of the World's Wetlands Survey. **Wetlands**, v. 40, p. 1577–1593, 2020. <https://doi.org/10.1007/s13157-020-01267-8>

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO - MAPA. **Programas e orientações: Associações de produtores, cooperativas rurais e**

**prefeituras, todos podem aderir aos programas de conservação do Mapa.**

Brasília, 19 dez. 2016. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/plano-abc/programas-e-orientacoes>. Acesso em: 31 jul. 2022.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA. **A Zona Costeira do Brasil**. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/biodiversidade/biodiversidade-aquatica/zona-costeira-e-marinha.html> . Acesso em: 10 mar. 2022

NAURO JÚNIOR. Aquecimento do setor imobiliário movimenta economia de Pelotas. **Gaúcha Zero Hora**, Porto Alegre, 05 jul. 2012. Caderno Geral. Disponível em: <https://gauchazh.clicrbs.com.br/geral/noticia/2012/07/aquecimento-do-setor-imobiliario-movimenta-economia-de-pelotas-3812906.html>. Acesso em: 30 jul. 2022.

NORNBERG, S.O. **Aplicação e comparação de metodologias de Fragilidade Ambiental para o município de Pelotas/RS**. Tese (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia do Instituto de Ciências Humanas, Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, p.145. 2019.

NUNES, F. G.; FIORI, A. P.; FIRPO, G. Estimativa de coeficientes de escoamento superficial na bacia hidrográfica do rio Atuba: Curitiba e região metropolitana - Paraná/ Brasil. **Boletim Paranaense de Geociências**, n. 64–65, p. 27–39, 2011.

PAULO, J.; MENEZES, C.; BITTENCOURT, R. P.; et al. Relação entre padrões de uso e ocupação do solo e qualidade da água em uma bacia hidrográfica urbana. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 21, n. 3, p. 519–534, 2016.

PEDRON, F. A. de; et al. Levantamento e classificação de solos em áreas urbanas: importância, limitações e aplicações. *Revista Brasileira de Agrociência*. Pelotas, v. 13, n.2, p. 147-151, abr-jun, 2007.

PEDRON, F. DE A.; DALMOLIN, R. S. D.; AZEVEDO, A. C. DE; KAMINSKI, J. (2004). Solos urbanos. **Ciência Rural**, 34(5), 1647–1653. <https://doi.org/10.1590/s0103-84782004000500053>.

PERES, R. B. Uso e ocupação do solo e impactos ambientais urbanos. **Cadernos do Cescar. São Carlos: Gráfica e Editora Futura**, p. 173–183, 2011.

PERES. O.M.; POLIDORI. M.C. Crescimento urbano e hidrografia natural: conflitos e articulações no espaço-tempo. In: **ANAIS DO XIV ENANPUR**. Rio de Janeiro/RJ, v.14, n.1, 2011. Disponível em: <http://anais.anpur.org.br/index.php/anaisenanpur/article/view/898>. Acesso em: 05 de jul. 2022.

PETER, G. D. **Santa Bárbara: o braço morto do arroio que ainda vive na memória**. 2004. Monografia (especialização em Conservação de Patrimônio em Centros Urbanos). Porto Alegre: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2004.

PHILIPPI, A., JR.; ROMÉRO, M. A.; BRUNA, G. C. **Uma Introdução à Questão Ambiental**. In: A. Philippi Jr., M. A. Roméro, & G. C. Bruna (Orgs.). *Curso de Gestão Ambiental* (p. 3-16). Barueri: Manole, 2004.

PIEGAS, C. Pelotas recupera mais de 800 postos de trabalho em 2021. **Diário Popular**, Pelotas, 12 fev. 2022. Caderno Geral. Disponível em: <https://www.diariopopular.com.br/geral/pelotas-recupera-mais-de-800-postos-de-trabalho-em-2021-168630/>. Acesso em: 30 jul. 2022.

PINTO, C. S. **Curso básico de mecânica dos solos em 16 aulas**. 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 367p, 2006.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PELOTAS - PMP. **Lei nº 1672**. Aprova o Plano Diretor e suas diretrizes gerais e dá outras providências. Pelotas, 30/05/1968. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a/rs/p/pelotas/lei-ordinaria/1968/168/1672/lei-ordinaria-n-1672-1968-aprova-o-plano-diretor-e-suas-diretrizes-gerais-e-da-outras-providencias-1968-05-30-versao-original>. Acesso em: 31 jul. 2022.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PELOTAS - PMP. **Lei nº 4594 de 20/10/2000**. Institui o código do meio ambiente do município de Pelotas, e dá outras providências. Pelotas, 20/10/2000. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a/rs/p/pelotas/lei-ordinaria/2000/460/4594/lei-ordinaria-n-4594-2000-institui-o-codigo-do-meio-ambiente-do-municipio-de-pelotas-e-da-outras-providencias>. Acesso em: 31 jul. 2022.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PELOTAS - PMP. **Lei nº 5.502, de 11 de setembro de 2008**. Institui o Plano Diretor Municipal e estabelece as diretrizes e proposições de ordenamento e desenvolvimento territorial no Município de Pelotas, e dá outras providências. Pelotas, 11/09/2008. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a/rs/p/pelotas/lei-ordinaria/2008/550/5502/lei-ordinaria-n-5502-2008-institui-o-plano-diretor-municipal-e-estabelece-as-diretrizes-e-proposicoes-de-ordenamento-e-desenvolvimento-territorial-no-municipio-de-pelotas-e-da-outras-providencias.html>. Acesso em: 31 jul. 2022.

RAMSAR. Convenção de Ramsar sobre Zonas úmidas. **Cuidar das zonas úmidas: uma resposta para as alterações climáticas**. 2010. Disponível em: [http://www.ramsar.org/sites/default/files/wwd2010\\_portugal\\_leaflet.pdf](http://www.ramsar.org/sites/default/files/wwd2010_portugal_leaflet.pdf). Acesso: 02 set. 2022.

REICHERT, J.M.; SUZUKI, L.E.A.S.; REINERT, D.J. Compactação do solo em sistemas agropecuários e florestais: identificação, efeitos, limites críticos e mitigação. In: CERETTA, C.A.; SILVA, L.S.; REICHERT, J.M. **Tópicos em Ciência do Solo**, volume v. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.49-134.

REICHERT, J.M.; SUZUKI, L.E.A.S.; REINERT, D.J.; HORN, R.; HÅKANSSON, I. Reference bulk density and critical degree-of-compactness for no-till crop production in subtropical highly weathered soils. *Soil & Tillage Research*, v.102, n.2, p.242-254, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.still.2008.07.002>

RICARDO, B.; CAMPALINI, M. (Brasil). Instituto Socioambiental (Ed.). **Almanaque Brasil Socioambiental 2008**. 2007. Disponível em: <https://www.socioambiental.org/sites/blog.socioambiental.org/files/publicacoes/10297.pdf>. Acesso em: 15 de ago. 2022.

RINGUELET, R. A. **Ecologia aquática continental**. Buenos Aires: Eudeba 1962. 138p.

RIO GRANDE DO SUL. Constituição (2015). **Decreto nº 52.431, de 23 de junho de 2015**. Estabelece critérios que definem legalmente as características dos Banhados bem como especifica o enquadramento das peculiaridades do bioma pampa visando o preenchimento do CAR (cadastro Ambiental Rural). Porto Alegre, RS.

ROBAINA, L.E. et al. Análise dos ambientes urbanos de risco do município de Santa Maria – RS. **Ciência & Natura**, v.23, p.139-152, 2001.

SÁ BRITTO, N. D. **Industrialização e desindustrialização do espaço urbano em Pelotas-RS**. 2011. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Ciências Humanas e da Informação, Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2011.

SÁ BRITTO, N. D. S. Da cidade industrial segregada à cidade pós-industrial fragmentada: reflexões sobre a (re)produção do espaço urbano na cidade de Pelotas-RS. **Geosp – Espaço e Tempo (Online)**, v. 20, n. 3, p. 585-601, mês. 2016.

SANEP, Serviço Autônomo de Saneamento de Pelotas. **Estações de tratamento**. Disponível em: < <http://www.pelotas.rs.gov.br/sanep/estacoes-detramento/>>. Acesso em: 20 de jul de 2022.

SANTOS, D.G.; ROMANO, P.A. Conservação da água e do solo, e gestão integrada dos recursos hídricos. **Revista de Política Agrícola**, v.14, n. 2, p. 51-64, 2005. Disponível em: <https://seer.sede.embrapa.br/index.php/RPA/article/view/536/486>. Acesso em: 30 jul. 2022.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAUJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356p. (E-book: il. color.). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/199517/1/SiBCS-2018-ISBN-9788570358004.pdf>. Acesso em: 29 nov. 2021.

SANTOS, R.D.; SANTOS, H.G.; KER, J.C.; ANJOS, L.H.C.; SHIMIZU, S.H. Manual de descrição e coleta de solo no campo. 7.ed. ver. ampl. Viçosa, Minas Gerais: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 2005. 102p.

SEMA. SECRETARIA DO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL – SEMA/UFMS-RS. Governo do Estado. **Relatório final do inventário florestal contínuo do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, v.1 e. 2, 706p, 2001.

SILVA, M. D. O banhado do Big tem vida, função ambiental e não precisa ser aterrado. **Diário Popular**, Pelotas, 29 out. 2021. Artigo Opinião. Disponível em: <https://www.diariopopular.com.br/opiniao/o-banhado-do-big-tem-vida-funcao-ambiental-e-nao-precisa-ser-aterrado-165698/>. Acesso em: 31 jul. 2022.

SILVA, V.R. Propriedades físicas e hídricas em solos sob diferentes estados de compactação. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 2003. 171p. (Tese de Doutorado).



SIMIONI, J. P. D.; GUASSELLI, L. A. Banhados: abordagem conceitual. **Boletim Geográfico do Rio Grande do Sul**, Porto Alegre, n. 30, p. 33-47, set. 2017.

SOARES, P. R. R. **Del proyecto urbano a la producción del espacio: morfología urbana de la ciudad de Pelotas, Brasil (1812-2000)**. 2002. 507f. Tese (Doutorado em Geografia Humana). Barcelona: Facultad de Geografía e Historia, Universidad de Barcelona, 2002.

SOARES, P. R. R. **Produção imobiliária e crescimento urbano em cidades médias: Pelotas e Rio Grande-RS**. In: SILVEIRA, R. L.; PEREIRA, P. X.; UEDA, V. (Org.). Dinâmica imobiliária e reestruturação urbana na América Latina. Santa Cruz do Sul: Edunisc, 2006. p. 159-192.

SUZUKI, L. E. A. S.; REICHERT, J. M.; ALBUQUERQUE, J. A.; REINERT, D. J.; KAISER, D. R. Dispersion and flocculation of Vertisols, Alfisols and Oxisols in Southern Brazil. **Geoderma Regional**, v. 5, p. 64-70, 2015.

SUZUKI, L.E.A.S.; REICHERT, J.M.; REINERT, D.J. Degree of compactness, soil physical properties and yield of soybean in six soils under no-tillage. **Soil Research**, v. 51, p. 311-321, 2013. <http://dx.doi.org/10.1071/SR12306>

SUZUKI, L.E.A.S.; REINERT, D.J.; ALVES, M.C.; REICHERT, J.M. Critical limits for soybean and black bean root growth, based on macroporosity and penetrability, for soils with distinct texture and management systems. **Sustainability**, v. 14, 2958, 2022. <https://doi.org/10.3390/su14052958>

TUCCI, Carlos E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: UFRGS/ABRH, 2012.

TUCCI, Carlos E. M. Plano diretor de drenagem urbana: Princípios e concepções. **RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. Volume 2, n.2, p. 5-12, Jul/Dez 1997.

VALÉRIO FILHO, M.; COSTA M. A.; FERREIRA, M. N.; SERAFIM, C.R. Geotecnologias Aplicadas no Monitoramento do Crescimento Urbano em Áreas de Risco à Erosão. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO, 12.**, 2004, Florianópolis, UFC. 2004.

VIANA, J. H.M.; TEIXEIRA, W. G.; DONAGEMMA, G. C. Densidade de partículas. In: TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. C.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. (editores técnicos). **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2017. p. 76-81. (e-book: il. color.). Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1085209>. Acesso em: 10 nov. 2021.

VIEIRA, S. G. **A cidade fragmentada: o planejamento e a segregação social do espaço urbano em Pelotas**. Pelotas: Editora da UFPEL, 2005.

XAVIER, S. C. **Mapeamento Geotécnico aplicado ao planejamento do uso e ocupação do solo na cidade de Pelotas: estudo voltado à expansão urbana**. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de

Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Porto Alegre, BR-RS, 2017. 380p.

XAVIER, S.C. **O mapeamento geotécnico por meio de geoprocessamento como instrumento de auxílio ao planejamento do uso e ocupação do solo em cidades costeiras: estudo de caso para Pelotas (RS)** - Tese (Mestrado em Engenharia Oceânica) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Oceânica, Universidade Federal de Rio Grande. Rio Grande, p.261. 2010.

ZANATA, J. M.; PERUSI, M. C. Solos urbanos: degradação ambiental na forma de processos erosivos. **Revista Geografia e Pesquisa**, 4(2), 107–122, 2010.

## **ANEXOS**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS**  
**FACULDADE DE AGRONOMIA ELISEU MACIEL**

Departamento de Solos  
Laboratório de Análise de Solos

Campus Universitário s/nº Caixa Postal 354  
CEP 96010-900 Pelotas - RS  
Fone/Fax (0xx53) 3275-7269/(0xx53) 3275-7267

Nome: **Luis Eduardo Suzuki**

Município: **Pelotas**

CPF/CNPJ:

Solicitante: **Luis Eduardo Suzuki**

Localidade:

Entrada: **18/10/2022**

Emissão: **11/11/2022**

Registro	Identificação da Amostra	Matrícula	Área (ha)	Cultura	Profundidade	Latitude	Longitude
1019	ponto 750 perfil 2 horizonte 1	--X--	--X--	--X--	--X--	--X--	--X--

Diagnóstico para acidez do solo e calagem

"pH em água 1:1; Ca, Mg, Al, e Mn trocáveis extraídos com KCl 1 mol L<sup>-1</sup> e CTC a pH 7,0."

Registro	pH água 1:1	Ca	Mg	Al	H+Al	CTC <sub>efetiva</sub>	Saturação (%)		Índice SMP
		----- cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> -----					Al	Bases	
1019	5,5	9,0	4,5	0,2	4,9	16,9	1,2	77	5,9

Diagnóstico para macronutrientes e recomendação de adubação NPK-S

"Argila determinada pelo método do densímetro; MO por digestão úmida e P, K, Na, Zn e Cu determinados pelo método de Mehlich I."

Registro	% MO	% Argila	Classe de Argila	S	P-Mehlich	K	CTC <sub>pH7</sub>	K
	----- m/v -----			----- mg/dm <sup>3</sup> -----			----- cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> -----	
1019	2,49	30	3	--X--	125,3	1035	21,6	2,65

Diagnóstico para micronutrientes e relações molares

"S-SO<sub>4</sub> extraído com CaHPO<sub>4</sub> 500 mg L<sup>-1</sup> de P" e B extraído com água quente."

Registro	Cu	Zn	B	Mn	Na	% Fe	Relações Molares		
	----- mg/dm <sup>3</sup> -----						Ca/Mg	Ca/K	Mg/K
1019	--X--	--X--	--X--	--X--	118	--X--	2,00	3,40	1,70

**CONSULTE UM AGRÔNOMO PARA OBTER AS RECOMENDAÇÕES DE ADUBAÇÃO**

Os resultados contidos neste documento têm significação restrita e se aplicam somente a(s) amostra(s) ensaiada(s). A(s) amostra(s) ensaiada(s) permanecerá(ão) à disposição do cliente por 30 (trinta) dias consecutivos a contar da data de emissão do Relatório de Ensaio, desde que haja quantidade suficiente. Após este período a(s) amostra(s) será(ão) descartada(s) sem aviso prévio. Não é permitida a reprodução parcial deste documento.



Assinatura digital

**E3-77-BB-13-33-28-3B-6F-58-78-E4-EF-99-5E-CD-8D**

Para autenticar, acesse [www.megatecnologia-si.com.br/ufpel](http://www.megatecnologia-si.com.br/ufpel), em "Autenticar" informe a sequência acima.

Eng<sup>a</sup> Agr<sup>a</sup> Renata Peixoto Eid  
CREA nº 92748 - 8<sup>a</sup> Região  
Responsável Técnico

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS**  
**FACULDADE DE AGRONOMIA ELISEU MACIEL**

Departamento de Solos  
Laboratório de Análise de Solos

Campus Universitário s/nº Caixa Postal 354  
CEP 96010-900 Pelotas - RS  
Fone/Fax (0xx53) 3275-7269/(0xx53) 3275-7267

Nome: **Luis Eduardo Suzuki**

Município: **Pelotas**

CPF/CNPJ:

Solicitante: **Luis Eduardo Suzuki**

Localidade:

Entrada: **18/10/2022**

Emissão: **11/11/2022**

Registro	Identificação da Amostra	Matrícula	Área (ha)	Cultura	Profundidade	Latitude	Longitude
1024	ponto 767 perfil 4 horizonte 4	--X--	--X--	--X--	--X--	--X--	--X--
1025	ponto 750 perfil 2 horizonte 2	--X--	--X--	--X--	--X--	--X--	--X--
1026	ponto 767 perfil 4 horizonte 3	--X--	--X--	--X--	--X--	--X--	--X--
1027	ponto 767 perfil 4 horizonte 1	--X--	--X--	--X--	--X--	--X--	--X--
1028	ponto 767 perfil 4 horizonte 2	--X--	--X--	--X--	--X--	--X--	--X--

Diagnóstico para acidez do solo e calagem

"pH em água 1:1; Ca, Mg, Al, e Mn trocáveis extraídos com KCl 1 mol L<sup>-1</sup> e CTC a pH 7,0."

Registro	pH água 1:1	Ca	Mg	Al	H+Al	CTC <sub>efetiva</sub>	Saturação (%)		Índice SMP
		----- cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> -----					Al	Bases	
1024	4,5	1,3	1,4	1,7	4,9	4,6	37,0	37	5,9
1025	5,0	2,9	1,8	0,6	8,7	6,9	8,7	42	5,4
1026	4,0	0,6	0,4	2,4	10,9	3,5	68,6	9	5,2
1027	4,4	2,0	1,2	1,4	6,9	4,9	28,6	34	5,6
1028	4,6	0,8	0,4	1,9	9,7	3,2	59,4	11	5,3

Diagnóstico para macronutrientes e recomendação de adubação NPK-S

"Argila determinada pelo método do densímetro; MO por digestão úmida e P, K, Na, Zn e Cu determinados pelo método de Mehlich I."

Registro	% MO	% Argila	Classe de Argila	S	P-Mehlich	K	CTC <sub>pH7</sub>	K
	----- m/v -----			----- mg/dm <sup>3</sup> -----			----- cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> -----	
1024	0,41	21	3	--X--	2,2	28	7,8	0,07
1025	1,79	20	4	--X--	7,7	516	15,0	1,32
1026	0,55	21	3	--X--	13,2	15	12,0	0,04
1027	1,66	20	4	--X--	16,5	66	10,4	0,17
1028	0,97	21	3	--X--	8,8	13	11,0	0,03

Diagnóstico para micronutrientes e relações molares

"S-SO<sub>4</sub> extraído com CaHPO<sub>4</sub> 500 mg L<sup>-1</sup> de P" e B extraído com água quente."

Registro	Cu	Zn	B	Mn	Na	% Fe	Relações Molares		
	----- mg/dm <sup>3</sup> -----						Ca/Mg	Ca/K	Mg/K
1024	--X--	--X--	--X--	--X--	29	--X--	0,93	18,57	20,00
1025	--X--	--X--	--X--	--X--	75	--X--	1,61	2,20	1,36
1026	--X--	--X--	--X--	--X--	16	--X--	1,50	15,00	10,00
1027	--X--	--X--	--X--	--X--	27	--X--	1,67	11,76	7,06
1028	--X--	--X--	--X--	--X--	8	--X--	2,00	26,67	13,33

**CONSULTE UM AGRÔNOMO PARA OBTER AS RECOMENDAÇÕES DE ADUBAÇÃO**

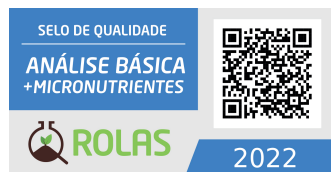
Os resultados contidos neste documento têm significação restrita e se aplicam somente a(s) amostra(s) ensaiada(s). A(s) amostra(s) ensaiada(s) permanecerá(ão) à disposição do cliente por 30 (trinta) dias consecutivos a contar da data de emissão do Relatório de Ensaio, desde que haja quantidade suficiente. Após este período a(s) amostra(s) será(ão) descartada(s) sem aviso prévio. Não é permitida a reprodução parcial deste documento.

Assinatura digital

**42-6E-34-EC-66-7F-92-F2-70-5F-E8-70-A2-A5-E9-90**

Para autenticar, acesse [www.megatecnologia-si.com.br/ufpel](http://www.megatecnologia-si.com.br/ufpel), em "Autenticar" informe a sequência acima.

Eng<sup>a</sup> Agr<sup>a</sup> Renata Peixoto Eid  
CREA nº 92748 - 8ª Região  
Responsável Técnico



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS**  
**FACULDADE DE AGRONOMIA ELISEU MACIEL**

Departamento de Solos  
Laboratório de Análise de Solos

Campus Universitário s/nº Caixa Postal 354  
CEP 96010-900 Pelotas - RS  
Fone/Fax (0xx53) 3275-7269/(0xx53) 3275-7267

Nome: **Luis Eduardo Suzuki**  
CPF/CNPJ:  
Localidade:

Município: **Pelotas**  
Solicitante: **Luis Eduardo Suzuki**  
Entrada: **18/10/2022**

Emissão: **11/11/2022**

Registro	Identificação da Amostra	Matrícula	Área (ha)	Cultura	Profundidade	Latitude	Longitude
1029	ponto 752 perfil 3 horizonte 1	--X--	--X--	--X--	--X--	--X--	--X--
1030	ponto 752 perfil 3 horizonte 2	--X--	--X--	--X--	--X--	--X--	--X--
1031	ponto 749 perfil 1 horizonte 1	--X--	--X--	--X--	--X--	--X--	--X--
1032	ponto 749 perfil 1 horizonte 2	--X--	--X--	--X--	--X--	--X--	--X--
1033	ponto 749 perfil horizonte 3	--X--	--X--	--X--	--X--	--X--	--X--

Diagnóstico para acidez do solo e calagem

"pH em água 1:1; Ca, Mg, Al, e Mn trocáveis extraídos com KCl 1 mol L<sup>-1</sup> e CTC a pH 7,0."

Registro	pH água 1:1	Ca	Mg	Al	H+Al	CTC <sub>efetiva</sub>	Saturação (%)		Índice SMP
		----- cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> -----					Al	Bases	
1029	4,3	5,3	6,4	5,0	24,4	17,6	28,4	34	4,5
1030	4,2	6,8	9,3	2,0	12,3	20,1	10,0	60	5,1
1031	4,6	9,5	8,2	0,9	10,9	20,3	4,4	64	5,2
1032	4,7	8,3	8,0	1,4	13,7	19,2	7,3	57	5,0
1033	4,9	3,4	6,5	0,2	3,1	11,1	1,8	78	6,3

Diagnóstico para macronutrientes e recomendação de adubação NPK-S

"Argila determinada pelo método do densímetro; MO por digestão úmida e P, K, Na, Zn e Cu determinados pelo método de Mehlich I."

Registro	% MO	% Argila	Classe de Argila	S	P-Mehlich	K	CTC <sub>pH7</sub>	K
	----- m/v -----			----- mg/dm <sup>3</sup> -----			----- cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> -----	
1029	3,04	26	3	--X--	9,2	84	37,0	0,21
1030	0,97	54	2	--X--	3,1	182	30,4	0,47
1031	3,45	46	2	--X--	46,2	450	30,3	1,15
1032	2,90	39	3	--X--	25,6	420	31,5	1,07
1033	0,83	24	3	--X--	11,3	155	14,0	0,40

Diagnóstico para micronutrientes e relações molares

"S-SO<sub>4</sub> extraído com CaHPO<sub>4</sub> 500 mg L<sup>-1</sup> de P" e B extraído com água quente."

Registro	Cu	Zn	B	Mn	Na	% Fe	Relações Molares		
	----- mg/dm <sup>3</sup> -----						Ca/Mg	Ca/K	Mg/K
1029	--X--	--X--	--X--	--X--	166	--X--	0,83	25,24	30,48
1030	--X--	--X--	--X--	--X--	363	--X--	0,73	14,47	19,79
1031	--X--	--X--	--X--	--X--	119	--X--	1,16	8,26	7,13
1032	--X--	--X--	--X--	--X--	108	--X--	1,04	7,76	7,48
1033	--X--	--X--	--X--	--X--	138	--X--	0,52	8,50	16,25

**CONSULTE UM AGRÔNOMO PARA OBTER AS RECOMENDAÇÕES DE ADUBAÇÃO**

Os resultados contidos neste documento têm significação restrita e se aplicam somente a(s) amostra(s) ensaiada(s). A(s) amostra(s) ensaiada(s) permanecerá(ão) à disposição do cliente por 30 (trinta) dias consecutivos a contar da data de emissão do Relatório de Ensaio, desde que haja quantidade suficiente. Após este período a(s) amostra(s) será(ão) descartada(s) sem aviso prévio. Não é permitida a reprodução parcial deste documento.

Assinatura digital

**A7-53-F0-51-09-0C-D1-99-EA-73-63-E3-94-C4-1C-A0**

Para autenticar, acesse [www.megatecnologia-si.com.br/ufpel](http://www.megatecnologia-si.com.br/ufpel), em "Autenticar" informe a sequência acima.

Eng<sup>a</sup> Agr<sup>a</sup> Renata Peixoto Eid  
CREA nº 92748 - 8ª Região  
Responsável Técnico

