

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

JAQUELINE DOS SANTOS DIFANTE

**REBAIXAMENTO DO NÍVEL DE ÁGUA SUBTERRÂNEA NA CONSTRUÇÃO
CIVIL EM SANTA MARIA, RS**

Caçapava do Sul

2025

JAQUELINE DOS SANTOS DIFANTE

**REBAIXAMENTO DO NÍVEL DE ÁGUA SUBTERRÂNEA NA CONSTRUÇÃO
CIVIL EM SANTA MARIA, RS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Geologia da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Geologia.

Orientador: Prof. Dr. Marco Antonio Fontoura Hansen

Coorientador: Prof. Dr. Pedro Daniel da Cunha Kemerich

Caçapava do Sul

2025

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais).

Difante, Jaqueline dos Santos

Rebaixamento do nível de água subterrânea na construção civil em Santa Maria, RS / Jaqueline dos Santos Difante. – 2025.

151 p. : il.

Orientador: Marco Antonio Fontoura Hansen

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal do Pampa, GEOLOGIA, 2025.

1. Hidrogeologia 2. Interferência hídrica 3. Escavações urbanas

JAQUELINE DOS SANTOS DIFANTE

**REBAIXAMENTO DO NÍVEL DE ÁGUA SUBTERRÂNEA NA CONSTRUÇÃO
CIVIL EM SANTA MARIA, RS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Geologia da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Geologia.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 09 de dezembro de 2025.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Marco Antonio Fontoura Hansen
Orientador
UNIPAMPA

Prof. Dr. Maximilian Fries
UNIPAMPA

Dr. Lenon Melo Ilha
UNIPAMPA



Assinado eletronicamente por **MARCO ANTONIO FONTOURA HANSEN, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 18/12/2025, às 12:07, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **MAXIMILIAN FRIES, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 18/12/2025, às 13:16, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **LENON MELO ILHA, Técnico de Laboratório Área**, em 18/12/2025, às 13:35, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1932866** e o código CRC **8A1A9EFE**.

AGRADECIMENTO

Às inúmeras pessoas que me ajudaram nessa jornada longa de estudos, que de uma forma física ou energética, foram essenciais para tornar isso possível.

À Universidade Federal do Pampa, aos professores, colaboradores e colegas, pelo conhecimento compartilhado, pela disponibilização de equipamentos de laboratório e, em especial, pelo suporte logístico, parceria e auxílio no desenvolvimento das atividades de campo e laboratório: Sissa Kumaira, Lenon Melo Ilha, Antônio Carlos da Silva Dias, Ângela Fleck e ao orientador professor Dr. Marco Antonio Fontoura Hansen.

Às pessoas que tive a oportunidade de conhecer no grupo do Laboratório de Hidrogeologia da Universidade Federal de Santa Maria, receptivos e dedicados; em especial ao professor Luciano Marquette e ao coorientador Professor Dr. Pedro Daniel da Cunha Kemerich.

À todos da Topographia e Planejamento Rural S/S Ltda, pela paciência - muita paciência -, pelo apoio, confiança e liberdade que tornaram possível essa jornada, equipe toda que levo no coração e para a vida, meu muito obrigada.

Aos meus pais, cônjuge, irmãos, sobrinhos, cunhadas, sogros, tios, tias, vô - que segue rumo aos 100 -, aos avós que já partiram, mas que da espiritualidade me iluminam. Família, não tenho palavras, apenas sinto que são tudo para mim.

À todas as pessoas que, durante o desenvolvimento deste TCC, foram atenciosas e compreenderam a importância do trabalho acadêmico, aos que forneceram dados profissionais e aos que literalmente abriram as portas das suas propriedades, obras e edificações, deixo meu agradecimento, pois sem a colaboração, este trabalho não seria possível.

*“The only answer I know
Never taking it slow
Just keep it coming
Keep the car running”*

Goo Goo Dolls
Keep the Car Running

RESUMO

A investigação avaliou a ocorrência de bombeamento temporário ou permanente de água subterrânea em obras e edificações do perímetro urbano de Santa Maria, RS, bem como sua eventual caracterização como rebaixamento do nível freático. A motivação decorreu da observação de edificações verticais que descarregam continuamente água em sarjetas, mesmo na ausência de precipitação, e da ausência de registros formais sobre práticas de controle hídrico associadas à construção civil no município. A pesquisa integrou dados secundários (ensaios SPT e laudos geológicos), visitas técnicas e ensaios de campo, incluindo análises de permeabilidade, eletrorresistividade e granulometria. Os resultados evidenciaram que o nível de água subterrânea é atingido com facilidade pelas escavações urbanas, variando entre 1,85 m e 4,5 m de profundidade, condicionados por solos de baixa permeabilidade ($6,02E-07$ a $6,86E-04$ m/s), granulometria entre silte grosso e areia média, e resistividades reduzidas (4 a 267 ohm.m). A integração dos dados permitiu correlacionar esses parâmetros à litoestratigrafia local, predominada por unidades de comportamento hidrogeológico de aquíclode, especialmente a Formação Sanga do Cabral, Formação Santa Maria (Membro Alemoa) e Depósitos Aluvionares, seguida de unidades com comportamento transicional entre aquíclodo e aquífero, como a Formação Caturrita e a Formação Santa Maria (Membro Passo das Tropas). Verificou-se que essas condições favorecem a permanência de meios saturados em profundidades rotineiramente atingidas pela construção civil. A atividade de bombeamento, definida e executada no canteiro de obras, enquadra-se no escopo de intervenções que, segundo a legislação vigente no Rio Grande do Sul, não requerem outorga por não envolverem captação em aquíferos profundos. Conclui-se que, embora comum e muitas vezes necessária, a prática demanda adequado planejamento e monitoramento hidrogeológico para evitar impactos adversos de médio e longo prazo sobre o ambiente urbano.

Palavras-chave: hidrogeologia, interferência hídrica, escavações urbanas

ABSTRACT

The investigation assessed the occurrence of temporary or permanent groundwater pumping in construction and buildings within the urban perimeter of Santa Maria, RS, as well as its potential characterization as a lowering of the water table. The motivation stemmed from observing vertical buildings that continuously discharge water into gutters, even in the absence of rainfall, and from the lack of formal records on water management practices associated with civil construction in the municipality. The research integrated secondary data (SPT tests and geological reports), technical visits, and field tests, including permeability, electrical resistivity, and particle size distribution analyses. The results showed that the groundwater level is easily reached by urban excavations, varying between 1.85 m and 4.5 m in depth, conditioned by soils with low permeability ($6.02E-07$ to $6.86E-04$ m/s), granulometry between coarse silt and medium sand, and reduced resistivities (4 to 267 ohm.m). The integration of the data allowed these parameters to be correlated with the local lithostratigraphy, which is predominantly composed of aquiclude hydrogeological units, especially the Sanga do Cabral Formation, the Santa Maria Formation (Alemoa Member), and alluvial deposits, followed by units with transitional behavior between aquitard and aquifer, such as the Caturrita Formation and the Santa Maria Formation (Passo das Tropas Member). It was found that these conditions favor the persistence of saturated media at depths routinely reached by civil construction. The pumping activity, defined and executed on the construction site, falls within the scope of interventions that, according to current legislation in Rio Grande do Sul, do not require authorization because they do not involve water extraction from deep aquifers. It is concluded that, although common and often necessary, the practice demands adequate planning and hydrogeological monitoring to avoid adverse medium- and long-term impacts on the urban environment.

Keywords: hydrogeology, water interference, urban excavations

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Localização de Santa Maria, RS com a rede rodoviária que serve de acesso à região e limite do perímetro urbano da cidade, área definida para estudo.....23
- Figura 2 - Consulta realizada no SIOUT, com preenchimento dos campos Município: “Santa Maria” e Tipo de intervenção: “Rebaixamento de nível de água subterrânea”. Fonte: SIOUT (2025).....24
- Figura 3 - Registros fotográficos: (A) Caso observado 1, na frente da garagem subsolo de um prédio, é possível observar duas vezes por dia, saída de água de uma tubulação; (B) Caso observado 2, na frente de outro prédio, diariamente sai água de uma tubulação que fica ao lado de uma garagem subsolo, podendo se observar na sarjeta a formação de limo em função da umidade constante; (C) Caso observado 3, exemplo de presença de tubulação existente entre edificações verticais, também com água periodicamente sendo liberada na sarjeta; (D) caso observado 4: prédio com garagem subsolo, que tem tubulação ao lado da garagem e com indícios de fluxo de água periódico, mantendo umidade e formação de limo na sarjeta.....25
- Figura 4 - Reportagem de O Estado de S.Paulo, “Nos Jardins, água de lençol freático é desperdiçada”. Fonte: Jornal (2007, p. 28).26
- Figura 5 - Ilustração dos problemas ocorridos nas casas do Bairro Moema em São Paulo...27
- Figura 6 - Repercussão nos jornais da região de São Paulo.....28
- Figura 7 - Capa do jornal Diário de Santa Maria, do dia 23 de setembro de 2025 com o título “ Top 5; Saiba quais são os prédios mais altos da cidade”.....30
- Figura 8 - Reportagem na íntegra, do Diário de Santa Maria, do dia 23 de setembro de 2025, informando o ranking dos prédios mais altos e projetos das novas edificações que pretendem ser construídas na cidade, com alturas variadas, podendo chegar a 145,7, que pretende ser a torre mais alta do Estado.....31
- Figura 9 - Mapa hidrogeológico da Região Sul do Brasil (CPRM, 2005), com delimitação do perímetro urbano de Santa Maria, RS (IPLAN/SM). Fonte: Elaboração própria.....33
- Figura 10 - Modelo Digital de Elevação do Perímetro Urbano de Santa Maria. Fonte: Pires e Asta, 2011.....37
- Figura 11 - Ilustração da distribuição de água no solo e subsolo, mostrando o limite entre a zona de aeração e saturação. Fonte: Feitosa et al., 2008.....43
- Figura 12 - Sistemas de rebaixamento aplicáveis aos diferentes solos. Fonte: Gaiato (1997, p. 6).....44
- Figura 13 - Ilustração de algumas técnicas descritas de rebaixamento do nível de água subterrânea: (A) técnica 1- bombeamento direto superficial ou abertura de valetas ou cavas a

| | |
|---|----|
| céu aberto; (B) técnica 2- dreno horizontal profundo e esquema de estabilização de talude com o nível de água rebaixado; (C) técnica 3 - dreno de alívio..... | 47 |
| Figura 14 - Ilustração de algumas técnicas descritas de rebaixamento do nível de água subterrânea: (A) técnica 4 - disposição de drenos lineares e exemplo de esquema básico em subsolo de prédio; (B) técnica 5 - galeria drenante..... | 48 |
| Figura 15 - Ilustração de algumas técnicas descritas de rebaixamento do nível de água subterrânea: (A) técnica 8 - rebaixamento por ponteiras; (B) técnica 9 - sistema de eletrosmose..... | 49 |
| Figura 16 - Ilustração do sistema de atuação do permeâmetro Guelph, entrando em equilíbrio com a pressão atmosférica e mantendo carga hidráulica constante durante o ensaio. Fonte: University of Waterloo (2020). Adaptado pela autora..... | 54 |
| Figura 17 - Faixas de tamanho de partículas (mm). Fonte: Craig (2004, p.4)..... | 56 |
| Figura 18 - Resistividade e litologia. Fonte: Braga (2006, p.73)..... | 57 |
| Figura 19 - Faixas de variações nos valores de resistividade-solos/sedimentos e rocha. Fonte: Braga (2006, p. 22)..... | 58 |
| Figura 20 - Relação entre a resistividade e a condutividade hidráulica. Fonte: Braga (2016, p. 96)..... | 59 |
| Figura 21 - Mapa da distribuição dos locais de dados secundários e visitas técnicas no perímetro urbano e em relação à unidade litoestratigráfica. Fonte: Elaboração própria..... | 61 |
| Figura 22 - Mapa de localização das áreas selecionadas com os pontos de permeabilidade e linhas da eletrorresistividade. Fonte: Elaboração própria..... | 63 |
| Figura 23 - Registro fotográfico da frente da maleta de transporte indicando o modelo a ser usado do Permeâmetro Guelph - 2800K1, Marca Soilmoisture, de propriedade da Unipampa e maleta aberta, com o equipamento. Fonte: Arquivo pessoal..... | 64 |
| Figura 24 - Registro fotográfico obtido em 21 de outubro de 2025, ilustrando: (A) ensaio 1, na área que abrange a Formação Santa Maria - Membro Passo das Tropas; (B) ensaio 2, na área que abrange os Depósitos Aluvionares; (C) ensaio 3, na área que abrange a Formação Santa Maria - Membro Alemoa; (D) ensaio 4, na área que abrange a Formação Caturrita; (E) ensaio 5, na área que abrange a Formação Sanga do Cabral. Fonte: Arquivo pessoal..... | 66 |
| Figura 25 - Registro fotográfico: (A) amostras secando na estufa da Unipampa; (B) ilustração do equipamento Microtrac S3500 em funcionamento, onde está sendo inserido uma pequena amostra de um dos materiais. Fonte: Arquivo pessoal..... | 67 |
| Figura 26 - Resistivímetro elétrico da marca Syscal Pro, com resolução de 1 mV, fabricado na França pela IRIS, de propriedade da Universidade Federal do Pampa (Unipampa), Campus Caçapava do Sul, RS. Fonte: Arquivo pessoal..... | 68 |

Figura 27 - Arranjo Dipolo-Dipolo, Caminhamento Elétrico. Fonte: Braga (2006 p.39).....69

Figura 28 - Registro fotográfico do levantamento geofísico executado em cada área: (A) área que abrange a Formação Santa Maria - Membro Passo das Tropas; (B) área que abrange os Depósitos Aluvionares; (C) área que abrange a Formação Santa Maria - Membro Alemoa; (D) área que abrange a Formação Caturrita; e (E) área que abrange a Formação Sanga do Cabral. Fonte: Arquivo pessoal.....70

Figura 29 - Registro fotográfico da área 52, obtido no dia 29 de agosto de 2025. Ilustra: (A) escavação de 7 metros com estacas justapostas colocadas para contenção, circulado o local onde está o poço escavado que possui uma bomba para retirar a água e direcioná-la ao pluvial; (B) detalhe do poço escavado; (C) detalhe da parede da escavação, arenito exposto, com água vertendo; (D) canaletas feitas em volta do terreno escavado, que direcionam a água até o poço escavado. Fonte: Arquivo pessoal.....73

Figura 30 - Registro fotográfico da área 52, obtido no dia 29 de agosto de 2025, mostrando o contato entre o arenito com o argilito na primeira escavação dos 7 metros. (A) a linha vermelha identifica o contato da parede da escavação com a base da escavação; sendo “a” as estacas justapostas para contenção do arenito identificado em “b”; e “c” argilito na base. (B) detalhe do argilito. Fonte: Arquivo pessoal.....74

Figura 31 - Registro fotográfico da área 52, obtido no dia 29 de agosto de 2025. Ilustra: (A) perfuração para a instalação de pilares a partir da base da escavação dos 7 metros; e (B) detalhe da perfuração do argilito. Fonte: Arquivo pessoal.....75

Figura 32 - Registro fotográfico da área 54, obtido no dia 18 de setembro de 2025. Identifica algumas estacas pilares que chegam a até 8 metros de profundidade (a); e escavação de 5 metros sem presença de água. Fonte: Arquivo pessoa.....76

Figura 33 - Registro fotográfico da área 42, obtido no dia 08 de agosto de 2025. Ilustra: (A) perfuratriz rotativa retirando material argiloso e compacto; (B) detalhe do material retirado, consistência argilosa úmida; (C) furo vertendo água em 2,5 metros de profundidade logo após a perfuração; (D) concretagem do furo sendo feita; (E) água vertendo rapidamente e enchendo o furo; (F) caixa de inspeção do dreno feito em volta do terreno com profundidade de 2,5 m e com água. Fonte: Arquivo pessoal.....80

Figura 34 - Registro fotográfico da área 49, obtido no dia 27 de agosto de 2025. Ilustra: (A) perfuração inicial do solo; (B) colocação do anel de concreto (C) anel de concreto no furo inicial; (D) continuação da perfuração dentro do anel de concreto, com broca menor; (E) furo até a profundidade desejada; (F) (G) rápida subida do nível da água e desmoronamento das paredes do buraco; (H) (I) necessidade de rápida colocação da ferragem do pilar e concretagem. Fonte: Arquivo pessoal.....82

Figura 35 - Registro fotográfico da área 50, obtido no dia 29 de setembro de 2025. Ilustra: (A) garagem subsolo, com destaque das caixas de inspeção do dreno principal que existe no meio da garagem, que coleta as águas dos demais drenos laterais, espalhados abaixo do pavimento; (B) Vista interna da caixa, com canos e fluxo de água; (C) Vista interna da caixa de inspeção, que direciona a água por gravidade para fora da garagem; (D) vista dos canos que liberam a água na sarjeta. Fonte: Arquivo pessoal.....83

Figura 36 - Registro fotográfico da área 51, obtido no dia 29 de agosto de 2025. Ilustra: (A) residência que precisa de muro de contenção, com pilares expostos; (B) perfuração do solo sendo realizada; (C) furo de 4 metros pronto; (D) água começando a verter no fundo do furo; (E) colocação imediata da armação de ferro no furo antes de aumentar o nível da água (F) cimentação na sequência, antes do desmoronamento do furo. Fonte: Arquivo pessoal.....84

Figura 37 - Registro fotográfico da área 55, obtido no dia 23 de setembro de 2025. Ilustra: (A) frente da garagem subsolo, com destaque da tubulação na sarjeta; (B) garagem subsolo com destaque onde ficam as caixas/cisternas que armazenam as águas que vem dos drenos existentes embaixo do pavimento; (C) uma das cisterna aberta; (D) vista do interior da cisterna, com água e com canos das bombas submersas; (E) vista interna da casa de máquinas com dois motores para ligar a bomba submersa que existe na cisterna. Fonte: Arquivo pessoal.....85

Figura 38 - Registro fotográfico da fase de instalação do dreno entre o terreno lindeiro e cortina de contenção da obra. Fonte: Arquivo pessoal, fornecido pelo mestre de obras.....89

Figura 39 - Registro fotográfico da área 19, obtido no dia 20 de maio de 2025. Ilustra: (A) dreno já pronto, que fica no corredor em extensão lateral ao terreno (esse corredor fica do outro lado da cortina de contenção, entre o terreno vizinho e o início da edificação em obras); e em destaque, o ponto para onde as águas são direcionadas, o qual possui um poço com bomba para recalque; (B) Detalhe do poço com bomba de recalque no corredor; (C) vista de dentro da bomba de recalque; (D) Vista da garagem subsolo, indicado o local onde fica o corredor com drenos e com o poço de bomba para recalque; (E) ponta oposta da garagem subsolo, em destaque junto a parede, está a caixa que recebe as águas de recalque dos drenos do corredor; (F) Vista interna da caixa recebendo a água; (G) Vista interna da caixa com água, antes de esgotar a água, direcionando-a para a sarjeta da rua que fica em frente à edificação. Fonte: Arquivo pessoal.....90

Figura 40 - Registro fotográfico da área 20, fornecido pelo engenheiro civil, ilustra: (A) fase de escavação, com afloramento de água, solo mole, instável; (B) fase de instalação dos drenos gerais do terreno; (C) vista da lateral do terreno com afloramento de água mais intenso; (D) drenos já enterrados na lateral do terreno, com destaque ao tubo de inspeção; (E) vista da lateral do terreno após a instalação completa do dreno, já com manta geotêxtil e brita. Fonte: Arquivo pessoal.....92

Figura 41 - Registro fotográfico da área 20, obtido no dia 23 de maio de 2025. Ilustra (A) divisa da obra com a edificação lindeira, com água vertendo dos tijolos abaixo da laje da edificação (em destaque circulado em vermelho, um ponto representado na foto B). (B) detalhe do tijolo, mostrando a água jorrando pelos buracos; (C) cisterna principal que recebe as águas drenadas por gravidade e que possui bomba submersa. Fonte: Arquivo pessoal...92

Figura 42- Registro fotográfico da área 41, obtido no dia 12 de agosto de 2025. Ilustra: (A) caixa relatada pelo funcionário; (B) vista dentro da caixa e em destaque local onde fica a bomba de água; (C) detalhe da bomba submersa dentro da caixa; (D) vista interna, mostrando a galeria que se estende abaixo da laje do último subsolo que drena as águas até a bomba. Fonte: Arquivo pessoal.....94

Figura 43 - Registro fotográfico da área 43, obtido no dia 12 de agosto de 2025. Ilustra: (A) o local onde será feita a perfuração para contenção antes da escavação, divisa com área

vizinha; (B) perfuratriz rotativa iniciando a perfuração e com retirada de material seco; (C) perfuratriz rotativa atingindo o nível de água e em função de material arenoso e friável, não consegue retirar o material saturado; (D) trado tipo concha sendo usado para retirar o material com água; (E) visita do poço já perfurado, marcando nível de água em 3,5 m de profundidade; (F) detalhe interno do poço com água; (G) bomba submersa colocada no poço; (H) água do poço saindo pela mangueira que fica conectada à bomba submersa. Fonte: Arquivo pessoal.....95

Figura 44 -Registro fotográfico da área 47, obtido no dia 25 de agosto de 2025. Ilustra: (A) garagem subsolo, último pavimento e nela um poço que fica em local cercado e cadeado (não conseguiu-se acesso para observar internamente ao poço), mas a partir dessa laje de subsolo, tem uma profundidade de 4 metros, de acordo com informações obtidas. (B) tubulação na calçada para onde a água bombeada é direcionada; (C) detalhe da sarjeta, mostrando o vestígio do fluxo de água após essa tubulação. Fonte: Arquivo pessoal.....96

Figura 45 -Registro fotográfico da área 48, obtido no dia 25 de agosto de 2025. Ilustra: (A) último subsolo, S4, onde ficam as caixas de água potável e um poço/cisterna com profundidade de 2,5 m abaixo deste pavimento; (B) detalhe do poço/cisterna com tubulação da bomba submersa que é acionada diariamente, liberando a água na sarjeta (obs.:dentro do poço é possível observar pedaços pequenos de isopor que ficaram em decorrência da obra); (C) (D) vista da cortina de contenção do subsolo, indicando vestígios do isopor que ficaram grudadas em 1 metro de altura (representando o nível de água que extravasou quando o bombeamento não funcionou, coincidindo com os relatos obtidos da funcionária); (E) tubulação na sarjeta, para onde a água bombeada é direcionada. Fonte: Arquivo pessoal...98

Figura 46 - Curvas de infiltração dos locais de ensaio da permeabilidade, expressas em tempo *versus* taxa de infiltração (cm/min): (A) curvas resultante do ponto de análise corresponde a Formação Santa Maria - Membro Passo das Tropas; (B) curvas resultante do ponto de análise corresponde aos Depósitos Aluvionares; (C) curvas resultante do ponto de análise corresponde a Formação Santa Maria - Membro Alemoa. Fonte: elaboração própria.....103

Figura 47 - Curvas de infiltração dos locais de ensaio da permeabilidade, expressas em tempo *versus* taxa de infiltração (cm/min): (D) curvas resultantes do ponto de análise corresponde a Formação Caturrita; e (E) curvas resultantes do ponto de análise correspondente a Formação Sanga do Cabral.Fonte: elaboração própria.....104

Figura 48 - Histograma e Curva de Frequência Acumulada na área de estudo (A) área que abrange a Formação Santa Maria - Membro Passo das Tropas; (B) área que abrange os Depósitos Aluvionares; (C) área que abrange a Formação Santa Maria - Membro Alemoa; (D) área que abrange a Formação Caturrita; e (E) área que abrange a Formação Sanga do Cabral. Fonte: Fonte: Microtrac S3500.....105

Figura 49 - Linha 1, Formação Santa Maria - Membro Passo das Tropas: (A) Perfil geofísico; (B) Perfil geológico.....107

Figura 50 - Linha 2, Depósitos Aluvionares: (A) Perfil geofísico; (B) Perfil geológico....108

Figura 51 - Linha 3, Formação Santa Maria - Membro Alemoa: (A) Perfil geofísico; (B) Perfil geológico.....109

| | |
|---|-----|
| Figura 52 - Linha 4: Linha 4, Formação Caturrita: (A) Perfil geofísico; (B) Perfil geológico..... | 110 |
| Figura 53 - Linha 5, Formação Sanga do Cabral: (A) Perfil geofísico; (B) Perfil geológico..... | 111 |
| Figura 54 - (A) Gráfico da unidade litoestratigráfica <i>versus</i> condutividade hidráulica; (B) Gráfico da unidade litoestratigráfica <i>versus</i> profundidade média geral do nível de água. Fonte: elaboração própria..... | 115 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|---|-----|
| Quadro 1 - Resumo com as principais informações em relação às formações geológicas, região de abrangência e características hidrogeológicas que predominam no perímetro urbano de Santa Maria, RS. Fonte: CPRM (1994, 2005, 2016, 2018). Compilada e adaptada pela autora..... | 36 |
| Quadro 2 - Resumo dos principais conceitos dispostos nas legislações a respeito de água subterrânea, aquífero, corpo hídrico subterrâneo e lençol freático. Fonte: Elaboração própria..... | 41 |
| Quadro 3 - Classificação hidrogeológica dos sedimentos e rochas. Fonte: Giampá e Gonçalves (2006, p. 81)..... | 51 |
| Quadro 4 - Exemplo de faixas de valores de condutividade hidráulica (cm/s) em alguns materiais não consolidados. Fonte: Modificado de Feitosa et al. (2008 p. 79)..... | 52 |
| Quadro 5 - Categoria do solo para definição do fator de comprimento capilar a ser utilizado na fórmula. Fonte: Soilmoisture Equipment Corp., (2013). Traduzido..... | 55 |
| Quadro 6 - Potencial aquífero em função da resistividade e litologia. Fonte: Braga (2016, p.93)..... | 58 |
| Quadro 7 - Dados pluviométricos registrados em três estações distribuídas na cidade de Santa Maria, em dias anteriores à data dos ensaios de campo. Fonte: CEMADEN..... | 64 |
| Quadro 8- Resumo das informações obtidas nas áreas que pertencem à Formação Santa Maria - Membro Passo das Tropas. Fonte: Elaboração própria..... | 71 |
| Quadro 9 - Resumo das informações obtidas nas áreas que pertencem à Formação Santa Maria - Membro Alemoa. Fonte: Elaboração própria..... | 78 |
| Quadro 10 - Resumo das informações obtidas nas áreas que pertencem à Formação Caturrita. Fonte: Elaboração própria..... | 87 |
| Quadro 11 - Resumo das informações obtidas na área que pertencem à Formação Botucatu. Fonte: Elaboração própria..... | 98 |
| Quadro 12 - Resumo das informações obtidas na área que pertencem aos Depósitos Aluvionares. Fonte: Elaboração própria..... | 99 |
| Quadro 13 - Resumo geral dos dados adquiridos, indicando a quantidade de relatórios/obras/edificações em cada formação, as quantidades de áreas investigadas que apresentaram nível de água, que não apresentaram nível de água e a profundidade média geral do nível de água quando interceptado. Fonte: elaboração própria..... | 100 |
| Quadro 14 - Número da área (obra/edificação) visitada e técnica correlacionada. Fonte: Elaboração própria..... | 101 |

Quadro 15 -Unidade litoestratigráfica do ponto de ensaio, coordenadas, condutividade hidráulica obtida expressa em cm/s e característica hidrogeológica correlacionada. Fonte: elaboração própria.....102

Quadro 16 - Unidade litoestratigráfica do ponto de ensaio, coordenada do ponto de ensaio e da granulometria predominante. Fonte: elaboração própria.....106

Quadro 17 - Resumo dos resultados obtidos, indicando os ensaios e a interpretação de compatibilidade. Fonte: elaboração própria.....116

LISTA DE ABREVIATURAS

Art. - Artigo

N.A. - Nível de água

LISTA DE SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

CEMADEN - Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais

Cfa – clima subtropical úmido

CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

K - Coeficiente de permeabilidade

NBR - Normas Brasileiras Regulamentadoras

NE - Nordeste

NNW - Nor-noroeste

NW - Noroeste

RS - Rio Grande do Sul

SP - São Paulo

SPT - Standard Penetration Test

SIOUT RS - Sistema de Outorga de Águas do Rio Grande do Sul

SE - Sudeste

SSE - Su-sudeste

SW - Sudoeste

UG-I - Unidade Geotécnica I

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| 1 INTRODUÇÃO | 21 |
| 1.1 JUSTIFICATIVA..... | 22 |
| 1.2 ÁREA DE ESTUDO..... | 22 |
| 1.3 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA E HIPÓTESES..... | 23 |
| 2 OBJETIVOS E METAS | 32 |
| 2.1 OBJETIVO GERAL..... | 32 |
| 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... | 32 |
| 3 ESTADO DA ARTE | 32 |
| 3.1 CONTEXTO HIDROGEOLOGICO..... | 32 |
| 3.2 RELEVO..... | 36 |
| 3.3 SOLOS..... | 37 |
| 3.4 CLIMA..... | 38 |
| 3.5 LEGISLAÇÃO E CONCEITOS TÉCNICOS..... | 38 |
| 3.6 PERMEABILIDADE DOS SOLOS..... | 52 |
| 3.7 GRANULOMETRIA..... | 56 |
| 3.8 LEVANTAMENTO GEOFÍSICO (ELETRORRESISTIVIDADE)..... | 56 |
| 4 MATERIAIS E MÉTODOS | 60 |
| 4.1 AQUISIÇÃO DE DADOS SECUNDÁRIOS E VISITA TÉCNICA..... | 60 |
| 4.2 DEFINIÇÃO DE ÁREAS PARA ENSAIOS DE CAMPO..... | 61 |
| 4.3 ANÁLISE DE PERMEABILIDADE DOS SOLOS..... | 64 |
| 4.4 ANÁLISE GRANULOMÉTRICA..... | 66 |
| 4.5 LEVANTAMENTO GEOFÍSICO (ELETRORRESISTIVIDADE)..... | 67 |
| 5 RESULTADOS | 70 |
| 5.1 AQUISIÇÃO DE DADOS SECUNDÁRIOS E VISITA TÉCNICA..... | 70 |

| | |
|---|------------|
| 5.2 ANÁLISE DE PERMEABILIDADE DOS SOLOS..... | 101 |
| 5.3 ANÁLISE GRANULOMÉTRICA..... | 104 |
| 5.4 LEVANTAMENTO GEOFÍSICO (ELETORRESISTIVIDADE)..... | 105 |
| 6 DISCUSSÕES | 110 |
| 7 CONCLUSÕES | 120 |
| REFERÊNCIAS..... | 123 |
| ANEXOS | |

1 INTRODUÇÃO

As cidades passam constantemente por intervenção antrópica no meio natural, envolvendo um conjunto de atividades no meio físico geológico, como escavações, aterros, obras subterrâneas, impermeabilizações, entre outras interferências que causam aumento do escoamento superficial, redução da infiltração de águas pluviais, que são ligadas a consequências que se associam a inundações, alagamentos, erosões, recalques de terrenos, comprometimento de edificações com patologias civis diversas, entre outros problemas graves (modificado de Santos, 2017).

O movimento da água subterrânea, não é visto claramente como o movimento de água na atmosfera e na superfície terrestre (Winter et al., 1999); mas de acordo com Santos (2017), deve-se considerar que nas áreas urbanas ocorrem intervenções nesse meio, seja direta ou indiretamente. Além de ocorrer a redução de recarga devido a impermeabilização generalizada da superfície urbana, existe a poluição, a extração de água por meio de poços para uso e a retirada forçada para viabilizar ações construtivas subterrâneas.

Em relevos relativamente planos com água acumulada na superfície terrestre ou com nível freático raso, a remoção de água é uma prática comum para o desenvolvimento, tanto agrícola como urbano; e o escoamento causado por esse sistema, resulta em maior contribuição para inundações (modificado de Winter et al., 1999).

As práticas urbanas de interferência, como as operações de retirada forçada de água subterrânea, ao lado da impermeabilização do solo nas áreas naturais de recarga de aquíferos, vem se constituindo um dos principais fatores causadores de depleção do nível freático em várias cidades brasileiras; além de estarem cada vez mais vulneráveis a episódios de inundações e alagamentos (e a causa mais comum é o volume crescentemente de águas sendo escoados sobre um sistema de drenagem – valetas, galerias, bueiros, drenagens naturais – não dimensionados para tal desempenho) (modificado de Santos, 2017).

E os estudos do subsolo, com análise de parâmetros que permitem identificar tipos de camadas, estruturas, permeabilidade, dentre outros fatores que influenciam no nível de água subterrânea, podem ser analisados e compreendidos tanto através da aplicação de métodos diretos (como nas sondagens e ensaio de permeabilidade), quanto por métodos indiretos, técnicas da geofísica não invasivos e que permitem diversas aplicações, inclusive hidrogeológicos em profundidades variadas (Scivetti et al., 2021).

1.1 JUSTIFICATIVA

Quando se trata de recursos hídricos subterrâneos no perímetro urbano, os estudos e fiscalizações voltam-se para a questão de poços para o consumo humano. Em 2008, o Ministério Público, em conjunto com a Secretaria Estadual de Ambiente e Desenvolvimento Sustentável e o Departamento de Recursos Hídricos do Estado do RS, divulgou ações de fiscalização e regularização de captação e uso de águas subterrâneas no município de Santa Maria (Ministério Público, 2008). A ação civil pública determinou que fossem notificados os proprietários de poços existentes no município para abastecimento humano, com a finalidade de que ocorresse a regularização, com as sugestões das opções de tamponamento ou outorga. Essa ação de fiscalização no município, está ocorrendo até os dias atuais.

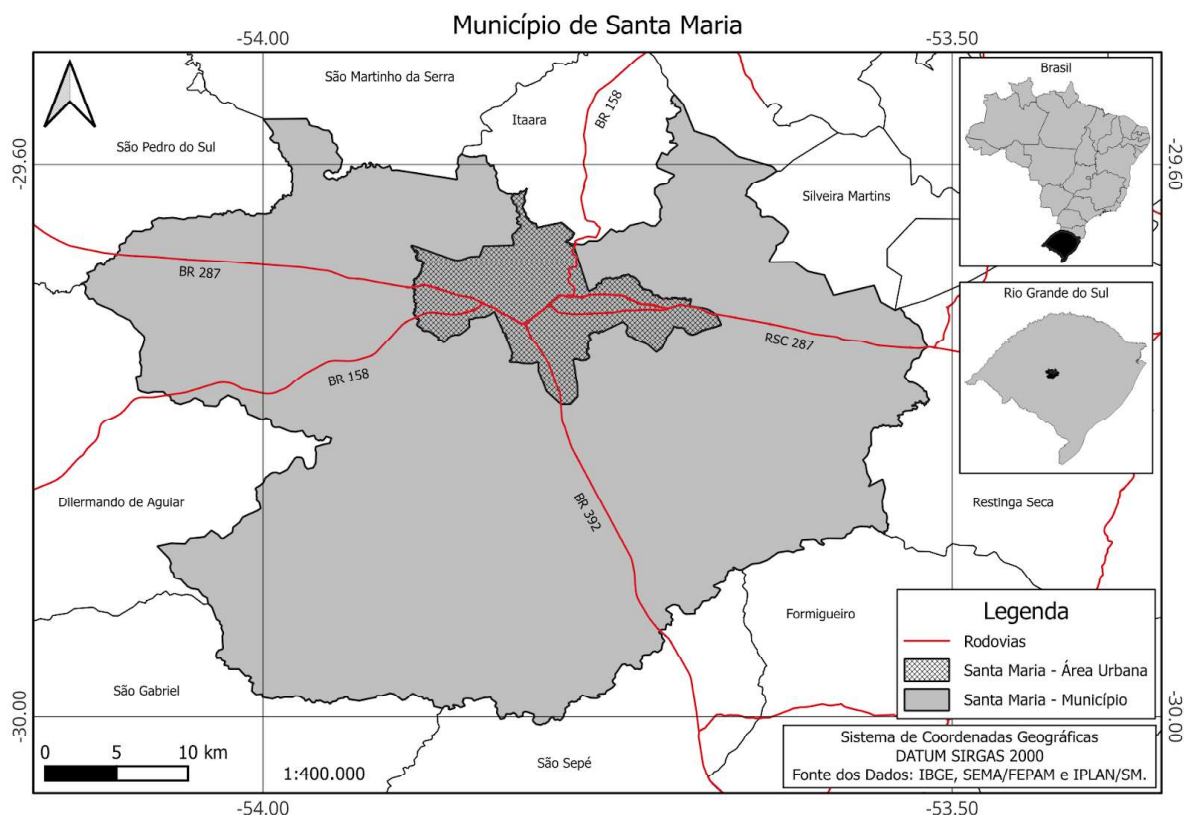
No entanto, não se tem informação de que ocorra algum tipo de estudo ou fiscalização na zona urbana de Santa Maria, RS, sobre a questão de rebaixamento do nível de água subterrânea para a construção civil. Essa é uma atividade de interferência hídrica que pode ocorrer no perímetro urbano para viabilizar edificações e merece atenção, pois em uma obra de escavação, quando o nível freático é interceptado, há influência no projeto e deve-se adotar uma opção segura que não cause problemas construtivos; e muitas vezes, isso pode estar condicionado à necessidade de rebaixamento do nível freático (Milititsky, 2016). Essa prática, além do risco de comprometimento quali-quantitativo das águas subterrâneas, pode trazer também diversos problemas para a comunidade, como problemas estruturais nas edificações vizinhas (Alonso, 2017). A análise da magnitude da prática dessa atividade é importante e merece a devida atenção, para a preservação dos recursos hídricos e minimização de impactos adversos.

1.2 ÁREA DE ESTUDO

A cidade de Santa Maria localiza-se na porção central do Estado do Rio Grande do Sul e as vias de acesso à cidade ocorrem, conforme indicado na figura 1, pela Rodovia BR-158, ligando-se ao Norte com Itaara e a Sudoeste com Dilermando de Aguiar; pela BR-287, ligando-se à leste com Restinga Seca e à Oeste com São Pedro do Sul; e pela BR 392, ligando-se à São Sepé, ao sul.

Na figura 1, também observa-se o limite do perímetro urbano da cidade, área definida para estudo e delimitada de acordo com a Lei Complementar nº 117, de 26 de julho de 2018, que Institui a Lei de Uso e Ocupação do Solo, Parcelamento, Perímetro Urbano e Sistema Viário do Município de Santa Maria.

Figura 1 - Localização de Santa Maria, RS com a rede rodoviária que serve de acesso à região e o limite da área urbana da cidade, área definida para estudo.



Fonte: Elaboração própria.

1.3. CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA E HIPÓTESES

A exploração dos recursos hídricos subterrâneos urbanos, não envolve somente a questão de poços para a captação de água e consumo. Cada vez mais o crescimento populacional e as práticas de desperdício drenam as reservas de água; e na construção civil urbana, a interferência no subsolo pode ocorrer e demandar a necessidade de rebaixamento do nível de água subterrânea (atividade também conhecida como rebaixamento do nível freático), podendo ser necessária para viabilizar o uso do subsolo em edificações urbanas, permitindo a execução de escavações e fundações, onde o mesmo é interceptado (Alonso, 2018). Não se tem informações, na cidade de Santa Maria, RS, sobre esta prática.

No Rio Grande do Sul, o sistema público *online* que disponibiliza informações de todos os usos de água no Estado é o SIOUT RS - Sistema de Outorga de Águas do Rio Grande do Sul, implantado em 2018, onde ocorre o gerenciamento *online* das concessões e administração de atos inerentes às outorgas de uso de água. Em pesquisa realizada nesse sistema, no dia 26 de março de 2025, filtrando a atividade de rebaixamento de nível de água

subterrânea para a cidade de Santa Maria, RS, em <<http://www.sioutr.rs.gov.br/consulta/#/>>, foi possível obter 140 cadastros (anexo 1), todos para a atividade de mineração, realizados fora do perímetro urbano.

Na figura 2, é possível observar imagem da consulta realizada no SIOUT RS, filtrando o Município “Santa Maria” e o tipo de intervenção “Rebaixamento do nível de água subterrânea”, consulta essa, realizada em 26 de março de 2025.

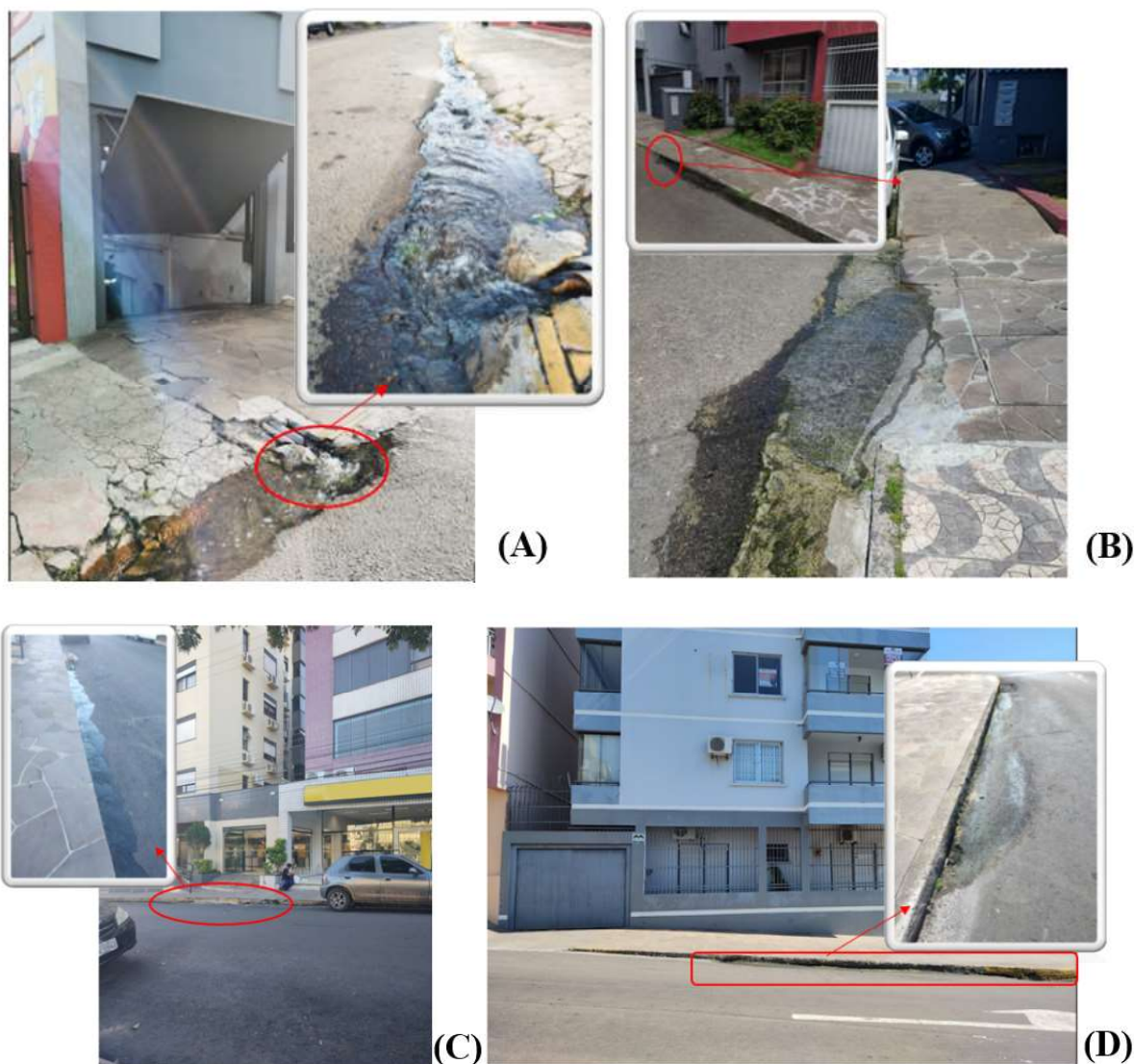
No entanto, através da observação, algumas situações na cidade de Santa Maria chamaram a atenção para essa questão: presença de tubulação junto ao meio fio de calçada, ao lado de garagens subsolo, despejando periodicamente água para a sarjeta, mesmo em períodos sem precipitação. Para ilustrar essa situação, na figura 3 estão expostos os registros fotográficos de alguns casos observados na cidade que envolvem saída de água de tubulação em frente a garagens subsolo.

Figura 2 - Consulta realizada no SIOUT RS, com preenchimento dos campos Município: “Santa Maria” e Tipo de intervenção: “Rebaixamento de nível de água subterrânea”.

The image shows the SIOUT RS website interface for searching water use records. The header includes the logo 'SIOUT RS SISTEMA DE OUTORGA DE ÁGUA DO RIO GRANDE DO SUL' and the title 'Consulta SIOUT'. Below the header, there are two tabs: 'Cadastro de usos de água' (selected) and 'Portarias digitadas'. The main area is titled 'Filtros de pesquisa' and contains various search filters. The 'Município' filter is set to 'Santa Maria'. The 'Tipo de intervenção' filter is set to 'Rebaixamento de nível de água subterrânea'. At the bottom right, there are 'Limpar' and 'Pesquisar' buttons.

Fonte: SIOUT (2025).

Figura 3 - Registros fotográficos: (A) Caso observado 1, na frente da garagem subsolo de um prédio, é possível observar duas vezes por dia, saída de água de uma tubulação, aparentemente limpa, sem cor e odor; (B) caso observado 2, na frente de outro prédio, diariamente sai água de uma tubulação que fica ao lado de uma garagem subsolo, podendo se observar na sarjeta a formação de limo em função da umidade constante; (C) caso observado 3, exemplo de presença de tubulação existente entre edificações verticais, também com água periodicamente sendo liberada na sarjeta; (D) caso observado 4, prédio com garagem subsolo, que tem tubulação ao lado da garagem e com indícios de fluxo de água periódico, mantendo umidade e formação de limo na sarjeta.



Fonte: Arquivo pessoal.

Outros casos como esses exemplificados na figura 3, foram observados na cidade de Santa Maria, e a hipótese da origem das águas para essas situações, é que sejam oriundas do rebaixamento de nível de água subterrânea, devido a presença de garagens no subsolo em algumas edificações; evidenciando água do nível freático descartada no pluvial.

Esses casos observados na cidade de Santa Maria, RS, são parecidos com o que foi objeto de reportagem em São Paulo no ano de 2007, conforme publicação exposta na figura 4, do jornal de O Estado de S. Paulo, Edição 01 de maio de 2007 e apresentado por Jorge (2018).

Figura 4 - Reportagem de O Estado de S.Paulo, “Nos Jardins, água de lençol freático é desperdiçada”.



DESPERDÍCIO - Condomínios fazem despejo na rua de dez em dez minutos; política de reaproveitamento da água é recente

ALEX SILVA/AE

Nos Jardins, água de lençol freático é desperdiçada

Prédios jogam nas ruas do bairro o líquido que brota nas garagens

O desperdício de água é uma das marcas registradas de São Paulo. Nos Jardins, por exemplo, várias minas localizadas sob prédios vertem água sem parar nas sarjetas. O problema atinge outros bairros e até mesmo obras do Metrô, como a Estação Chácara Klabin, na Vila Mariana, que despeja a água do lençol freático na sarjeta da Rua Vergueiro. A estação foi inaugurada no ano passado sem galeria de captação de água pluvial - obra que o Metrô prometeu concluir.

Há quase dez anos o edifício do número 208 da Alameda Tietê, nos Jardins, zona sul, despeja diariamente 43,2 mil litros na rua. “A cada dez minutos, a bomba joga a água para fora. Fica uns dois minutos jorrando na calçada”, disse o zelador José Antonio Martins. Há 60 dias, o

condomínio resolveu usar a água para lavar os seis pisos de garagem e também regar o jardim. “A Sabesp colheu água para análise há 20 dias, e até agora não sabemos se é própria para consumo”, afirmou Martins.

No subsolo do edifício, a água verte por algumas paredes e por um ponto no solo. É armazenada em um poço de cerca de 3 metros de profundidade. Quando o poço fica cheio, o produto é bombeado para fora.

A mesma situação ocorre do Edifício Barão de Lorena, na Alameda Lorena, 1.611. Durante a obra da fundação do prédio, o lençol freático foi perfurado, o que fez surgir uma mina d’água no subsolo.

A poucos quarteirões dali, na Alameda Casabranca, 822, o condomínio também despeja a água proveniente de uma mina que apareceu durante a construção do pré-

dió, há 38 anos. Nesse prédio, a bomba funciona a cada 20 minutos. “Vamos fazer a análise da água para ver se pode ser aproveitada”, contou o zelador Antonio Diniz, que administra o imóvel, de 44 apartamentos. Diniz disse

Para Dae, descarte é ‘prática comum’ na cidade

que outros dois prédios nas proximidades, os de número 815 e 791, já utilizam a água, em vez de jogá-la fora.

Segundo o geólogo José Eduardo Campos, da Diretoria de Recursos Hídricos do Departamento e Águas e Energia Elétrica de São Paulo (Dae), nos Jardins, por conta da acentuada declividade do terreno, a fundação

dos edifícios penetrou o lençol freático. Isso levou à necessidade de esgotamento para estabilizar as obras na fase de construção e, depois, o despejo contínuo por meio de bombeamento em poços, cisternas e drenos para evitar que as águas invadissem as garagens. Para o Dae, a “prática é comum”.

A Assessoria de Imprensa do departamento informou por meio de nota, que foi realizada a perícia técnica nos endereços dos Jardins citados na reportagem. “O Pólo de Manutenção Lapa retirou amostra da água para análise, que revelou não ser água tratada da Sabesp nem água servida, de esgoto. Os técnicos indicam que o líquido é proveniente de lençol freático do nº 1611 da Alameda Lorena, lançado na sarjeta por uma bomba, que acaba afetando o nº 208 da Alameda Tietê, porque a rua é em declive. As redes de esgotos estão operando normalmente, mas a galeria de águas pluviais está entupida, trabalho que será feito pela Prefeitura, a quem compete a rotina da limpeza e manutenção.” ●

Eduardo Reina
SÃO PAULO

Em São Paulo há a presença de sedimentos da Bacia de São Paulo, formado por conglomerados, areias, argilas e lamitos com espessuras variáveis; bem como cobertura aluvial, formada por areias, argilas e conglomerados. De acordo com Alonso (2022), a grande maioria dos solos executados em São Paulo, atingem uma camada de argila silto-arenosa, caracterizada como aquífero, e não usam laje subpressão; as obras optam por criar uma camada drenante embaixo da laje, cuja água drenada é conduzida para um poço que possui bomba submersa, que ligam automaticamente quando atinge o nível determinado, descartando a água para a rede pluvial. Barros (2016), destaca que em locais com a presença de solos moles, muito compreensíveis, edificações vizinhas, apoiadas em fundações rasas, são afetadas por recalques, trincas e até mesmo em colapso da estrutura, devido à atividade do rebaixamento do nível de água.

No Bairro Moema, Bairro nobre da cidade de São Paulo, 70 casas sofreram trincas, rachaduras, afundamento de piso, emperramento de portas e janelas, dentre outros problemas, que resultaram em desocupação em 2005, devido a uma edificação que estava sendo instalada, com 5,50 m de subsolo e que teve que rebaixar o nível de água subterrânea (Barros, 2016), conforme exposto na figura 5.

Figura 5 - Ilustração dos problemas ocorridos nas casas do Bairro Moema em São Paulo.



Fonte: Barros (2016).

O Bairro da Vila Mariana, também em São Paulo, cujo subsolo é caracterizado como argila silto-arenosa, as casas também sofreram em 2007 com o mesmo problema em virtude de três edifícios construídos, que demandaram rebaixamento do nível de água subterrânea. Segundo estudos do Instituto de Perícia de SP, exposto por Barros (2016), o nível de água na

cidade está se aprofundando (alguns locais, cerca de 4 metros), resultado da impermeabilização da superfície urbana aliada a atividade de bombeamento permanente de água pelos edifícios. Em função da repercussão nos jornais de São Paulo, conforme exposto na figura 6, ações não só do poder público vieram à tona, mas também da própria comunidade, como o caso de uma ação civil pública de 2017, em que uma comunidade moradora na Avenida Pompéia (SP) se uniu para cobrar do poder público ações para paralisar um empreendimento imobiliário alto (24 andares), com fundação profunda e com subsolo, que seria implantado próximo a uma praça com nascente e que demandaria de um bombeamento forçado da água do subsolo e havia riscos de secar a nascente (ILP, 2022).

Figura 6 - Repercussão nos jornais da região de São Paulo.



Fonte: Barros (2016)

Em função desses diversos problemas e ações que ocorreram em São Paulo, recentemente foi alterada a Lei Municipal que disciplina o parcelamento, o uso e a ocupação do solo no Município de São Paulo, Lei Nº 16.402, de 22 de março de 2016. A alteração ocorreu no ano passado, pela Lei nº 18.081, de 19 de janeiro de 2024, que dispõe, no artigo

72, que “nos terrenos localizados na Unidade Geotécnica I (UG-I) da carta geotécnica de aptidão à urbanização do município de São Paulo e nos terrenos sujeitos a recalques e problemas geotécnicos, as obras em subsolo projetadas a partir da vigência desta Lei, deverão ser executadas mediante métodos de engenharia que impeçam o rebaixamento do nível do lençol d’água...”. As características de cada Unidade Geotécnica estão disposto no Decreto Nº 63.423, de 21 de maio de 2024, que aprova a Carta Geotécnica de Aptidão à Urbanização do Município de São Paulo de 2024 e informa que UG-I tem características geológicas de sedimentos aluviais inconsolidados com espessura variada, contendo areias, argilas e cascalhos; e substrato constituído por maciços de rochas cristalinas diversas e/ou maciços sedimentares (Formação São Paulo e Formação Resende); e estão sujeitos a recalque por sobrecarga e adensamento de solos compressíveis/solos moles obras e aterros sobrepostos/ou rebaixamento do nível d’água subterrâneo.

Em Santa Maria, RS, observa-se expansão imobiliária vertical, que inclusive é objeto de recente reportagem na cidade, em que novos empreendimentos estão sendo previstos na cidade, de serem os maiores arranha-céus, projetos citados, com alturas maiores que 100 metros, podendo chegar a até 145,7 metros de altura, que pretende ser a torre mais alta do estado, conforme exposto nas figuras 7 e 8. E quanto mais alta a edificação, maior a interferência necessária no subsolo devido à fundação profunda e geralmente presença de garagens.

Diante dessa situação observada, espera-se analisar a questão hidrogeológica do perímetro urbano de Santa Maria, RS e a ocorrência ou não da prática de rebaixamento do nível de água subterrânea na construção civil; visto que existem diversas edificações verticais com uso de subsolo e que podem necessitar de permanente bombeamento da água que provém do nível freático; além de diversas obras com escavações profundas que podem demandar bombeamento temporário, quando interceptado o nível de água.

Figura 7 - Capa do jornal Diário de Santa Maria, do dia 23 de setembro de 2025 com o título “Top 5; Saiba quais são os prédios mais altos da cidade”.



Fonte: Diário de Santa Maria, 2025.

Figura 8 - Reportagem na íntegra, do Diário de Santa Maria, do dia 23 de setembro de 2025, informando o *ranking* dos prédios mais altos e projetos das novas edificações que pretendem ser construídas na cidade, com alturas variadas, podendo chegar a 145,7, que pretende ser a torre mais alta do Estado.

O RANKING DOS ARRANHA-CEUS

A lista dos prédios mais altos de Santa Maria



Andreina Possan
andrina.possan@diariom.com.br

Após o anúncio de que a Construtora Jobim, de Santa Maria, pretende construir o prédio mais alto do município e que pode ser um dos mais altos do Rio Grande do Sul, fica a dúvida: quais são os maiores arranha-céus de Santa Maria? A reportagem fez um levantamento, a partir de dados disponibilizados pela prefeitura, e lista, a seguir, o top 5 (veja abaixo).

Atualmente, o prédio mais alto de Santa Maria é o Royal Plaza, anexo ao shopping de mesmo nome, na Avenida Nossa Senhora das Dores, região central do município, com 81,20 metros de altura. Concluído em 2010, ele conta com 23 pavimentos, sendo 19 referentes ao residencial e quatro ao shopping.

Entretanto, em breve, quatro novos empreendimentos podem entrar nessa lista, sendo que dois deles prometem desbancar a altura do Royal, colocando-o na terceira posição.

O destaque é o Edifício



O Amaiivos terá torre de 34 andares (à esq.), em obras, e shopping no térreo. A 2ª torre teve projeto alterado e passará a ter 48 andares, podendo ser o mais alto do Estado. Construtora ainda não tem a nova arte gráfica

Amaiivos, da Construtora Jobim, que inicialmente teria duas torres de 34 pavimentos e 107 metros. O projeto foi revisado, mantendo a Torre Pai, já em obras, com 107 metros, mas revendo o tamanho da Torre Filho, que deve chegar a 145,7 metros e 48 andares – somando os 42 andares de apartamentos, mais o pavimento do novo shopping center que deve integrar o empreendimento, além de quatro andares de estacionamento e um de área comum. A Torre Pai

começou a ser erguida este ano e deve ficar pronta em 2029, quando inaugurar o shopping. Já a Torre Filho, que pretende ser a mais alta do Estado, incluindo depois uma antena metálica no topo, está em fase de análise na prefeitura e é prevista para ser concluída em 2032. As duas torres terão 1.150 apartamentos.

Outro prédio que promete ultrapassar a atual marca do edifício Royal Plaza é o Infinity, da administradora Monte Alto Engenharia e Construções, já

em obras, com previsão de 25 andares e 88,9 metros. Logo atrás, aparecem o Leben Bau, da CZ Engenharia, aprovado com 23 pavimentos e 76,34 metros; e o Omni Sky, da JBS Construções, em fase final de construção, que terá 24 pavimentos e 76,34m.

Para o secretário de Urbanismo e Projetos de Santa Maria, Guilherme Schneider, a construção desses novos prédios ajuda na percepção da população, e até mesmo de turistas e de pessoas de outros locais, de que

a cidade está crescendo e se desenvolvendo.

– Claro que aquela região é onde os apartamentos mais caros estão, e sabemos que o custo de construção aumenta muito conforme a altura, então, eventualmente, prédios altos acabam sendo, consequentemente, de alto padrão, e tendem a ter apartamentos mais caros. Tem vários empreendimentos ali que ajudaram a valorizar a região, e isso interfere na paisagem, nós sentimos que a cidade está crescendo – diz o secretário.

Sobre esse desenvolvimento, o secretário destaca um movimento importante na construção civil de Santa Maria a partir do plano diretor de 2005, que prevê que as principais vias da cidade, como a Avenida Nossa Senhora Medianeira, a Avenida Presidente Vargas e a Avenida Nossa Senhora das Dores, e seus arredores, tenham mais densidade de prédios e construções, criando uma área de desenvolvimento e logística. Por isso, os novos edifícios que estão sendo projetados e construídos nessas regiões.

– Curitiba fez algo parecido com isso, então temos esse desenvolvimento orientado ao transporte. Se observar, essa região de desenvolvimento fica praticamente em uma quadra. Essas são as áreas que mais podem construir na cidade.

OS 5 EDIFÍCIOS COM MAIOR ALTURA DA CIDADE E JÁ CONCLUÍDOS

FOTOS VINÍCIUS BEIKNER

| | | | | |
|---|--|---|---|---|
| <p>1º</p> <p>Residencial Royal Plaza</p> <p>Andares – 23 (19 do prédio e 4 do shopping)</p> <p>Altura total – 81,20 metros</p> <p>Ano de conclusão – 2010</p> <p>Onde fica – Avenida Nossa Senhora das Dores, na área central</p> | <p>2º</p> <p>Palace Louvre Residencial</p> <p>Andares – 18</p> <p>Altura total – 59,81 metros</p> <p>Ano de conclusão – 2025</p> <p>Onde fica – Avenida Nossa Senhora Medianeira, no Bairro Medianeira</p> | <p>3º</p> <p>Edifício Pampa</p> <p>Andares – 17</p> <p>Altura total – 59 metros</p> <p>Ano de conclusão – 1971</p> <p>Onde fica – Rua Floriano Peixoto, no Centro</p> | <p>4º</p> <p>Edifício Taperinha</p> <p>Andares – 16</p> <p>Altura total – 56,9 metros</p> <p>Ano de conclusão – 1963</p> <p>Onde fica – Na esquina das ruas Acampamento e Dr. Alberto Pasqualini, no Centro</p> | <p>5º</p> <p>Residencial Vinicius de Moraes</p> <p>Andares – 17</p> <p>Altura total – 54,67 metros</p> <p>Ano de conclusão – 2022</p> <p>Onde fica – Avenida Nossa Senhora das Dores, no bairro de mesmo nome</p> |
|---|--|---|---|---|

Fonte: Diário de Santa Maria, 2025.

2. OBJETIVOS E METAS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar se ocorre bombeamento temporário ou permanente de água nas obras/edificações do perímetro urbano da cidade de Santa Maria e se as atividades se configuram como rebaixamento do nível de água subterrânea.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Esclarecer os conceitos técnicos e legais relativos à prática da atividade de rebaixamento do nível de água subterrânea para a construção civil;
- Identificar e caracterizar a ocorrência de lançamentos de água na drenagem em edificações ou obras;
- Classificar os diferentes tipos de lançamentos, conforme a legislação, normas técnicas e a literatura; e,
- Avaliar se ocorre a atividade de rebaixamento do nível de água subterrânea para obras civis em Santa Maria, RS.

3. ESTADO DA ARTE

3.1 CONTEXTO HIDROGEOLÓGICO

O Mapa Hidrogeológico do Estado do Rio Grande do Sul (CPRM, 2005), delimita e caracteriza os sistemas de aquíferos e é possível observar na figura 9, a projeção do perímetro urbano da cidade de Santa Maria nesse mapa.

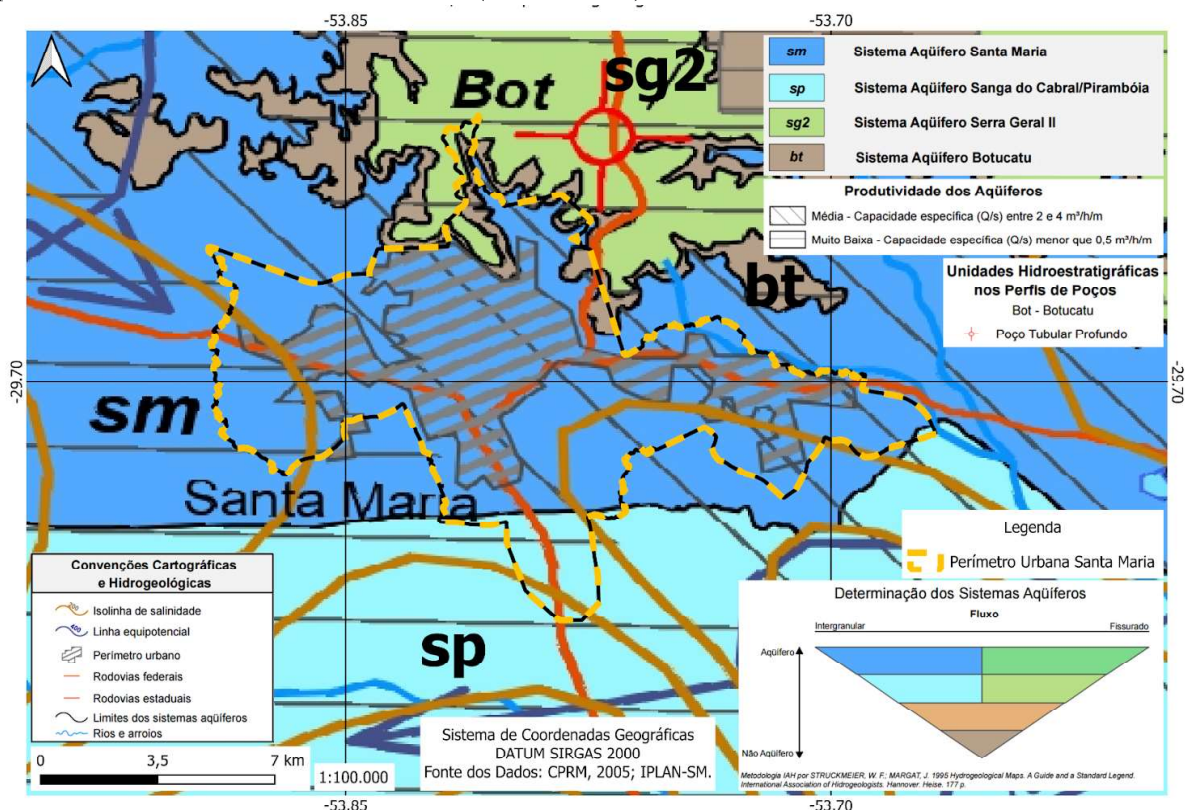
Observa-se na figura 9, que há o predomínio do afloramento do Sistema Aquífero Santa Maria (sm), esse, sendo restrito à região central do Estado, apresentando, de acordo com a CPRM (2005), arenitos grossos a conglomeráticos na base, lamitos avermelhados, siltitos e arenitos finos a médios no topo; com capacidades específicas de produção do aquífero variando de 0,5 m³/h/m a 1 m³/h/m (muito baixa produção - em parte ao oeste da Cidade) e alcançam 4 m³/h/m (média produção - na maior parte central); sendo o Sistema Aquífero Santa Maria classificado como um aquífero com alta a média possibilidade para águas subterrâneas em rochas e sedimentos com porosidade intergranular.

Em uma pequena porção ao sul da cidade, observa-se na figura 9, o Sistema Aquífero Sanga do Cabral/Pirambóia (sp), que compõe, de acordo com a CPRM (2005), camadas siltico-arenosas avermelhadas com matriz argilosa e arenitos finos a muito finos,

avermelhados, com cimento calcífero; cuja capacidade específica de produção é muito baixa (menores que 0,5 m³/h/m).

E no limite norte da cidade, próximo às bordas do planalto basáltico, observa-se na figura 9, que ocorre aquífero praticamente improdutivo, do Sistema Aquífero Serra Geral II (sg2), associado, de acordo com a CPRM (2005), com os derrames da Unidade Hidroestratigráfica Serra Geral, onde predominam riolitos, riodacitos e em menor proporção basaltos fraturados; sendo que a capacidade específica de produtividade é menor que 0,5 m³/h/m. Entretanto, em áreas mais fraturadas ou com arenitos na base do sistema, a produtividade pode chegar a 2m³/h/m, nas encostas, bordas do planalto, onde o Sistema Botucatu (bt) está aflorando e com pequeno confinamento pelas rochas vulcânicas; visto que o Botucatu é formado por arenitos de granulometria média, endurecidos por cimento ferruginoso ou silicoso, em cotas topográficas altas e com morfologia escarpada (CPRM, 2005).

Figura 9 - Mapa hidrogeológico da Região Sul do Brasil (CPRM, 2005), com delimitação do perímetro urbano de Santa Maria/RS (IPLAN/SM).



Fonte: Elaboração própria.

A Carta Geológica Folha SH-22-V-C-IV Santa Maria (CPRM, 2016), apresenta as unidades litoestratigráficas da cidade e pode ser observada no Anexo 2, com a projeção do perímetro urbano e bairros da cidade, abrangendo: Formação Sanga do Cabral, Formação Santa Maria (Membro Passo das Tropas e Membro Alemoa), Formação Caturrita, Formação Botucatu, Grupo Serra Geral (Formação Gramado e Formação Caxias) e Depósitos Aluvionares. Observa-se na cidade o predomínio de rochas sedimentares e em menor proporção as rochas vulcânicas, cujas características litoestratigráficas e hidrogeológicas são:

Formação Sanga do Cabral: Do Grupo Rosário do Sul, tem a litologia formada por arenitos muito finos a médios, com proporção menos expressiva de arenitos grossos e conglomerados, com intraclastos pelíticos (CPRM, 2018). Sua coloração é castanha avermelhada a alaranjado, com tons esbranquiçados ou acinzentados (CPRM, 2018). É uma zona que atua com característica de aquífero (CPRM, 1994), comportamento que segundo Feitosa (2008), apresenta volumes de água subterrânea comparativamente menores e seus fluxos mais lentos ou tardios.

Formação Santa Maria - Membro Passo das Tropas: Do Grupo Rosário do Sul, tem a litologia formada por arenitos médios a grossos com camadas pelíticas subordinadas (CPRM, 2018). Sua coloração varia de castanho claro a avermelhado nas frações de arenito médio a grosso e tendendo ao rosa claro nas frações mais finas (CPRM, 2018). É uma zona que atua com característica de aquífero (CPRM, 1994), que segundo Manzione (2015), é uma formação suficientemente porosa e permeável ($>5 \times 10^{-8}$ m/s) capaz de armazenar uma grande quantidade de água e permite a extração de água de forma econômica e através de técnicas convencionais.

Formação Santa Maria - Membro Alemoa: Do Grupo Rosário do Sul, tem a litologia formada por siltitos argilosos vermelhos maciços, com concreções carbonáticas na forma de veios, nódulos e intercalações de arenitos finos laminados (CPRM, 2018). É uma zona que atua com característica de aquífero (CPRM, 1994), que segundo Manzione (2015), são quaisquer estratos ou formações que contenham água no seu interior (pode conter água em quantidades significativas), mas não a transmite em condições naturais. Tem uma porosidade de até 50%, mas baixa permeabilidade, o que, associado aos fenômenos de capilaridade e ascensão de água dos microporos, forma um nível d'água raso, com dificuldade de drenagem superficial e infiltração no subsolo, funcionando como um isolante entre o que existe acima e abaixo (Silva et al., 2010).

Formação Caturrita: Do Grupo Rosário do Sul, tem a litologia formada por arenitos finos à médios e conglomerados, intercalados com pelitos; com coloração que varia de branco a rosa avermelhado (CPRM, 2018). É uma zona que atua com característica de aquífero (CPRM, 1994).

Formação Botucatu: Do Grupo São Bento, tem a litologia formada por arenitos finos a médios bem selecionados, de coloração rósea a castanho avermelhado; de origem eólica, apresenta estratificação cruzada acanalada de grande porte (CPRM, 2018). Também presente nas regiões de encosta em Santa Maria e em morros testemunhos (CPRM, 2018). É uma zona que atua com característica de aquífero (CPRM, 1994).

Serra Geral - Elevada à categoria de Grupo, de ocorrência de rochas vulcânicas e camadas lenticulares de arenito interderrames (CPRM, 2018). Aquífero somente em locais restritos a zonas fraturadas e contatos sedimentares interderrames (CPRM, 1994).

Formação Gramado: Fácies elevada à categoria de Formação, sequências intercaladas de derrames vulcânicos com sedimentos eólicos da Formação Botucatu; sendo que na folha Santa Maria, os basaltos e andesitos aflorantes, possuem textura equigranular afanítica, de coloração cinza escura a marrom avermelhada; apresentando-se maciços ou com disjunções colunares, com diques centimétricos de areias preenchendo fraturas (peperitos) (CPRM, 2018).

Formação Caxias: Fácies elevada à categoria de Formação, em Santa Maria, recobre a região do platô da serra, a partir da altitude 280 m, representados na maioria por afloramento de dacitos (CPRM, 2018).

Depósitos aluvionares de planície e canal fluvial: formados por sedimentos areno-argilosos e por cascalhos de origem vulcânica, são depósitos arenosos de fração média a grossa (CPRM, 2018).

No Quadro 1, pode-se observar um resumo com as principais informações em relação às formações, região de abrangência e características hidrogeológicas que predominam no perímetro urbano de Santa Maria, RS.

Quadro 1 - Resumo com as principais informações em relação às formações geológicas, região de abrangência e características hidrogeológicas que predominam no perímetro urbano de Santa Maria, RS.

| Grupo | Formação | Sistema de afloramento | Região de abrangência em Santa Maria/RS | Litofácies predominante | Característica hidrogeológica |
|----------------|---------------------------------------|---|--|--|--|
| Serra Geral | Caxias | Aquífero Serra Geral II (sg2) | Pequena porção no limite norte da cidade na região de encosta da serra, bordas do planalto (e em morros testemunhos) | Dacitos, riolitos, basaltos fraturados | Aquíferos locais, restritos às zonas fraturadas e contatos interderrames |
| | Gramado | | | Basaltos e andesitos em maciços ou disjunções colunares, com diques peperitos, sequências intercaladas de derrames vulcânicos com sedimentos eólicos | |
| São Bento | Botucatu | Botucatu (bt) | | Arenitos de granulometria média, endurecidos por cimento ferruginoso ou silicoso | Aquífero restrito a regiões baixas, de topografia livre |
| Rosário do Sul | Caturrita | | Nas bases dos morros testemunhos | Arenitos finos a conglomerados, intercalados com pelitos | Aquífero |
| | Santa Maria - Membro Alemoa | Aquífero Santa Maria (sm) | Predomina na cidade (abrangendo de leste à oeste) | Lamitos siltitos, lentes de arenitos finos a médios, com concreções carbonáticas | Aquiclude |
| | Santa Maria - Membro Passo das Tropas | | | Arenitos médios a grossos | Aquífero |
| | Sanga do Cabral | Aquífero Sanga do Cabral/Pirambóia (sp) | Pequena porção ao sul da cidade | Camadas siltico-arenosas com matriz argilosa e arenitos finos a muito finos | Aquitardo |

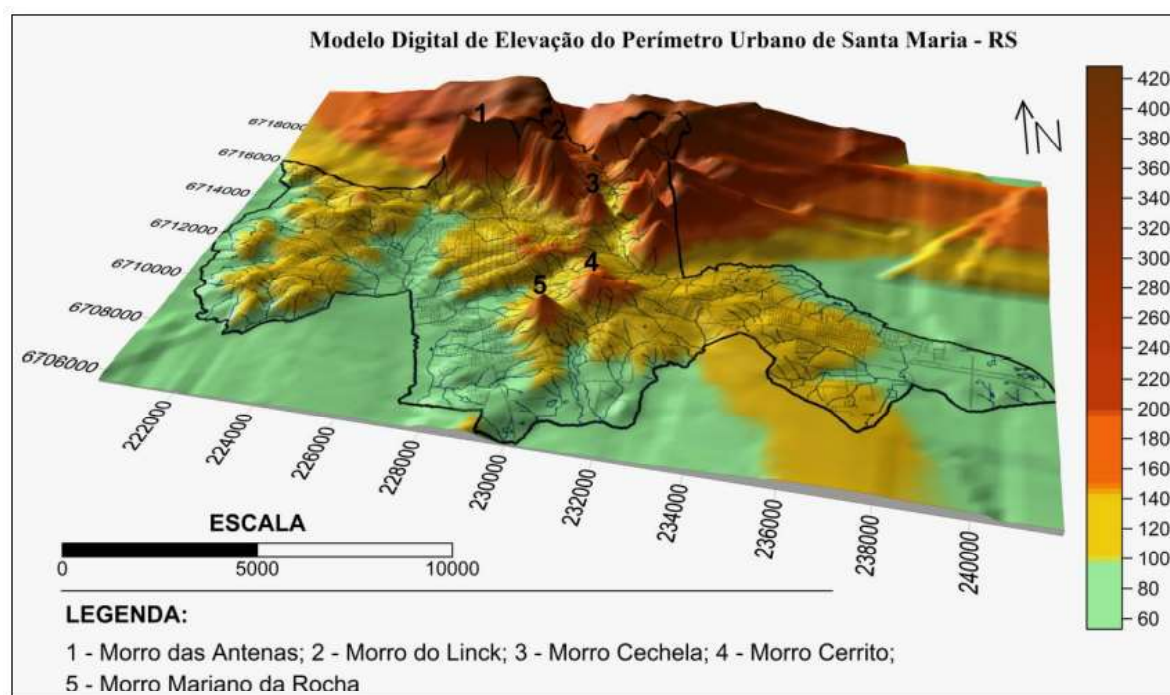
Fonte: CPRM (1994, 2005, 2016, 2018). Compilada e adaptada pela autora.

3.2 RELEVO

A cidade de Santa Maria, RS, possui um relevo cuja altitude varia de 60 metros à 432 metros acima do nível médio do mar, e conforme mostra figura 10, da análise do Modelo Digital de Elevação realizado por Pires e Asta (2011), a maior parte do perímetro urbano encontra-se em altitudes inferiores a 150 metros, característico de Depressão Central Periférica.

Observando a figura 10, é nítida a transição de duas regiões, do Planalto, ao norte, onde predominam as maiores elevações e estão relacionados com as unidades vulcânicas; e a Depressão Central Periférica, na porção centro-sul (coxilhas e superfícies aplainadas), relacionado às unidades sedimentares e com presença de alguns morros testemunhos (CPRM, 2018).

Figura 10 - Modelo Digital de Elevação do Perímetro Urbano de Santa Maria.



Fonte: Pires e Asta (2011).

3.3 SOLOS

Os solos da cidade de Santa Maria, RS, são derivados das rochas vulcânicas e a partir das rochas sedimentares, contemplando basicamente a classe de Argissolos, Planossolos e Gleissolos (Bueno et al., 2024).

Os Argissolos são solos com acúmulo de argila em subsuperfície, com cor variando de acinzentada a avermelhada, sendo o amarelo e vermelho os mais comuns; com horizonte A (superficial) geralmente mais arenosos, possuem uma drenagem que varia de bem drenando a imperfeitamente drenado (EMBRAPA, 2018).

Já os Planossolos são solos com abrupto acúmulo de argila em subsuperfície e baixa permeabilidade (drenagem deficiente) e são desenvolvidos em planícies ou depressões com encharcamento, cores acinzentadas (EMBRAPA, 2018). O horizonte superficial, de textura mais leve, contrasta abruptamente com essa acentuada concentração de argila, de permeabilidade lenta ou muito lenta, responsável pela formação de nível freático sobreposto (suspenso) e de existência periódica durante o ano (EMBRAPA, 2018).

Gleissolos são solos pouco profundos a profundos que apresentam o processo de gleização (redução do ferro em ambientes alagados), resultando em coloração acinzentada ou preta com manchas vermelhas e laranjas (mosqueados), geralmente ocupando as planícies baixas (várzeas) e podem apresentar um perfil arenoso ou argiloso; suas principais

limitações estão relacionadas a má drenagem (hidromorfismo), a mecanização e ao elevado potencial de contaminação do nível freático ou aquífero (MSRS, s.d.).

3.4 CLIMA

Em relação ao clima, Santa Maria, RS pertence a classificação climática de Köppen, Cfa – clima subtropical úmido, apresentando uma temperatura média anual do ar de 19,4 °C; sendo janeiro o mês com a média de temperatura máxima (30,3 °C) e junho o mês com a média de temperatura mínima (9 °C).

Quanto a precipitação pluviométrica, é bem distribuída ao longo do ano, sem estação seca, apresentando em torno de: 363,6 mm no verão; 423,5 mm no outono; 382,9 mm no inverno e 419,2 mm na primavera; dados estes, apresentados no Atlas Climático do Rio Grande do Sul (CEMETRS, 2005).

3.5 LEGISLAÇÃO E CONCEITOS TÉCNICOS

A água, conforme dispõe o artigo 20 da Constituição Federal de 1988, é considerada um bem da União, incluindo em seu artigo 26, inciso I, como sendo bens dos Estados: as águas superficiais ou subterrâneas, fluentes, emergentes e em depósitos. Cabe destacar, que para regulamentar o artigo 21, inciso XIX, sobre Recursos Hídricos, foi instituída a Lei nº 9.433, de 1997, a qual estabelece a Política Nacional de Recursos Hídricos, denominada como a “Lei da Águas”, em que visa promover a manutenção do desenvolvimento sustentável dos recursos hídricos, com o propósito de garantir para as presentes e futuras gerações o direito à sadia qualidade de vida. No artigo 12, desta Lei, estão especificados os usos de recursos hídricos que estão sujeitos a outorga, e destaca-se “usos que alterem o regime, a quantidade ou a qualidade da água existente em um corpo de água”.

No Rio Grande do Sul, a Lei nº 10.350, de 30 de dezembro de 1994, que institui o Sistema Estadual de Recursos Hídricos, regulamentando o artigo 171 da Constituição do Estado do Rio Grande do Sul, tem por objetivo promover a harmonização entre os múltiplos e competitivos usos dos recursos hídricos e sua limitada e aleatória disponibilidade temporal e espacial. E o instrumento de gestão dos recursos hídricos é a outorga de uso, que no artigo 29 determina que dependerá da outorga do uso da água qualquer empreendimento ou atividade que altere as condições quantitativas e qualitativas, ou ambas, das águas superficiais ou subterrâneas, observado o Plano Estadual de Recursos Hídricos e os Planos

de Bacia Hidrográfica; sendo emitida pelo Departamento de Recursos Hídricos, mediante autorização ou licença de uso.

Em 2001, foram publicadas as Resoluções N° 15 e N° 16 pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos, nas quais foram considerados que:

De acordo com o Art. 8° da Resolução n° 15 de 11 de janeiro de 2001:

“As interferências nas águas subterrâneas identificadas na implementação de projetos ou atividades deverão estar embasadas em estudos hidrogeológicos necessários para a avaliação de possíveis impactos ambientais.”

De acordo com o Art. 4° da Resolução n° 16, de 8 de maio de 2001:

“Estão sujeitos à outorga:

I - a derivação ou captação de parcela de água existente em um corpo de água, para consumo final, inclusive abastecimento público ou insumo de processo produtivo;

II - extração de água de aquífero subterrâneo para consumo final ou insumo de processo produtivo;

...

V - outros usos e/ou interferências, que alterem o regime, a quantidade ou a qualidade da água existente em um corpo de água.

Em 2002, foi publicado o Decreto Estadual n° 42.047, de 26 de dezembro de 2002 que regulamenta disposições da Lei n° 10.350, de 30 de dezembro de 1994, com alterações, relativas ao gerenciamento e à conservação das águas subterrâneas e dos aquíferos no Estado do Rio Grande do Sul, e determina:

“Art. 13: A implantação de projetos de quaisquer natureza que utilizem água subterrânea, ou ponham em risco sua qualidade natural ou quantidade, fica sujeita à aprovação dos órgãos..”

...

“Art. 17: As obras de captação de águas subterrâneas, mesmo que temporárias, executadas com o objetivo de atender estudos, projetos e pesquisas, serão objeto de autorização prévia pelo Departamento de Recursos Hídricos”

...

“Art. 19, inciso 1º: “São dispensadas da outorga as captações insignificantes de água subterrânea, com vazão média mensal de até 2 m³/dia...”

“Inciso 3º: As captações de água dispensadas da outorga ficam sujeitas ao cadastramento...”

Em 2025, foi publicado o Decreto Nº 58.058, de 11 de março de 2025, que dispõe sobre o regime de outorga do direito de uso de recursos hídricos, previsto na Lei 10.350/1994. E informa, no artigo 2º, que depende da outorga qualquer utilização, serviço ou obra em recursos hídricos, que altere seu regime, suas condições qualitativas ou quantitativas, ou ambas, das águas superficiais ou subterrâneas. E, de acordo com o artigo 5º, estão sujeitos à outorga:

“I - a derivação ou a captação de parcela de água existente em um corpo de água para consumo final, inclusive abastecimento público, ou insumo de processo produtivo;

II - a extração de água de aquífero subterrâneo para consumo final ou insumo de processo produtivo;

...

V - outros usos ou interferências, que alterem o regime, a quantidade ou a qualidade da água existente em um corpo de água.”

Quanto aos conceitos dos diferentes termos usados nas legislações, como águas subterrâneas, aquífero e corpo de água, segue resumo, exposto no Quadro 2.

Quadro 2 - Resumo dos principais conceitos dispostos nas legislações a respeito de água subterrânea, aquífero, corpo hídrico subterrâneo e lençol freático.

| | | | |
|--|--|---|--|
| <p>CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS</p> <p>Resolução Nº 15, de 11 de janeiro 2001</p> | <p>Águas subterrâneas - as águas que ocorrem naturalmente ou artificialmente no subsolo.</p> | <p>Aquífero - corpo hidrogeológico com capacidade de acumular e transmitir água através dos seus poros, fissuras ou espaços resultantes da dissolução e carreamento de materiais rochosos.</p> | <p>Corpo hídrico subterrâneo - volume de água armazenado no subsolo.</p> |
| <p>CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE</p> <p>Resolução Nº 396, de 3 de abril de 2008</p> | <p>Águas subterrâneas - águas que ocorrem naturalmente ou artificialmente no subsolo.</p> | <p>Aquífero - corpo hidrogeológico com capacidade de acumular e transmitir água através dos seus poros, fissuras ou espaços resultantes da dissolução e carreamento de materiais rochosos.</p> | |
| <p>CONSELHO DE RECURSOS HÍDRICOS DO RIO GRANDE DO SUL</p> <p>Resolução CNR Nº 141, de 21 de março de 2014</p> | <p>Águas subterrâneas - são as águas que se infiltraram no solo e que penetraram, por gravidade, em camadas profundas do subsolo, atingindo a zona de saturação, que é aquela em que os poros e interstícios do subsolo estão completamente ocupados pela água.</p> | <p>Corpo de água - denominação genérica para qualquer manancial hídrico, curso d'água, trecho de rio, reservatório artificial ou natural, lago, lagoa ou aquífero.</p> | <p>Recursos hídricos - são as águas superficiais ou subterrâneas disponíveis numa determinada bacia hidrográfica.</p> |
| <p>CÓDIGO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL</p> <p>Lei Nº 15.434, de 9 de janeiro de 2020</p> | <p>Aquífero - água subterrânea estabelecida em uma formação suficientemente porosa de rocha permeável, capaz de armazenar e fornecer quantidades significativas de água.</p> | <p>Lençol freático - 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.</p> | |

Fonte: Elaboração própria.

De acordo com Alonso (2018), quando uma escavação atinge aquíferos, é preciso esgotar a água desse local para executar qualquer serviço a seco; e os processos empregados para essa finalidade podem ser temporários (para ser praticado somente na fase de execução da obra, mantendo o canteiro seco) ou permanentes (quando vai fazer parte do

empreendimento, mesmo após a conclusão da obra) e são popularmente conhecidos como rebaixamento do nível freático.

A denominação do termo aquífero, segundo o Serviço Geológico do Brasil (SGB, 2010), é uma formação geológica que além de conter a água, permite que quantidades significativas dessa água se movimentam no seu interior em condições naturais, típico de formações permeáveis, como arenitos e areias. Manzione (2015), também define o aquífero, como uma unidade geológica (Formação ou Grupo) saturada, constituída de rocha ou sedimento, suficientemente permeável para permitir a extração de água de forma econômica e através de técnicas convencionais. O termo aquífero deve ser visto no contexto de sua utilização, termo amplamente utilizado na indústria de perfuração de poços, sendo uma unidade geológica permeável saturada, onde é possível obter quantidades econômicas de água (Freeze e Cherry, 2017). E esse aproveitamento economicamente viável, de acordo com Boscov (2008) é relativo e depende do uso, por exemplo, um aquífero que fornece água em quantidade suficiente para uso doméstico local em uma área rural, pode ser inadequado para a operação de uma indústria.

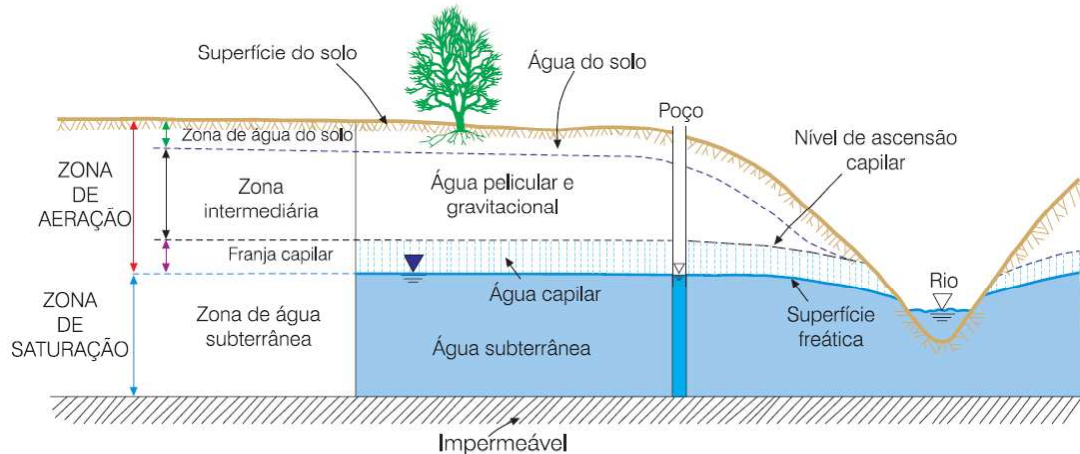
A zona de saturação, de acordo com Giampá e Gonçalves (2006), é a zona saturada de água subterrânea, é um dos domínios do perfil hidrogeológico, onde há um preenchimento completo dos interstícios com água (todos os poros, rachaduras, fraturas, fissuras e outras formas de vazios são totalmente preenchidos por água, resultando na condição dita saturada), sendo o sistema bifásico (sólido e água), com ambiente menos oxidante; e a força capilar é neutralizada e a poro-pressão é positiva (Guerra e Cunha, 2008). A zona saturada é limitada na porção superior pelo nível de água subterrâneo - N.A. (Boscov, 2008) ou chamado de lençol d'água ou lençol freático (Guerra e Cunha, 2008); sendo que a zona acima desse nível ainda contém água, mas não está totalmente saturada (Boscov, 2008). De acordo com Feitosa et al. (2008), a zona de saturação é a que fica abaixo da superfície freática, onde todos os vazios estão preenchidos com água; sendo que essa superfície freática é definida como o lugar geométrico dos pontos em que a água se encontra submetida à pressão atmosférica.

O domínio do perfil hidrogeológico que não está totalmente saturado com água, é o trifásico, denominado zona não saturada ou vadosa, onde os interstícios são ocupados também por ar (sólido, água e ar) e onde ocorre a água pelicular, gravitacional e franja capilar (Giampá e Gonçalves, 2006). A água nessa zona está passando pelo processo de percolação, fluxo em direção ao nível freático (Guerra e Cunha, 2008); e de cima para baixo, segue descrição das partes:

- Zona de água no solo: espessura variável, de acordo com a vegetação no solo (poucos centímetros na ausência de cobertura vegetal à vários metros, onde há vegetação abundante), situa-se entre os extremos radiculares da vegetação e a superfície do terreno (Feitosa et al., 2008);
- Zona intermediária: fica entre o limite de alcance das raízes das plantas, até o limite da ascensão capilar (Feitosa et al. ,2008);
- Zona capilar: se estende da superfície freática até o limite de ascensão capilar (Feitosa et al., 2008); pode elevar-se apenas poucos centímetros em solos cascalhentos ou atingir vários metros em solos mais argiloso - as forças capilares permitem a retenção de água na interface ar-água sob pressões atmosféricas negativas, de modo que a água não consegue fluir (Guerra e Cunha, 2008).

A figura 11, a seguir, ilustra essas zonas descritas da distribuição da água no solo e no subsolo, identificando o limite entre a zona de aeração e a zona de saturação.

Figura 11 - Ilustração da distribuição de água no solo e subsolo, mostrando o limite entre a zona de aeração e saturação.



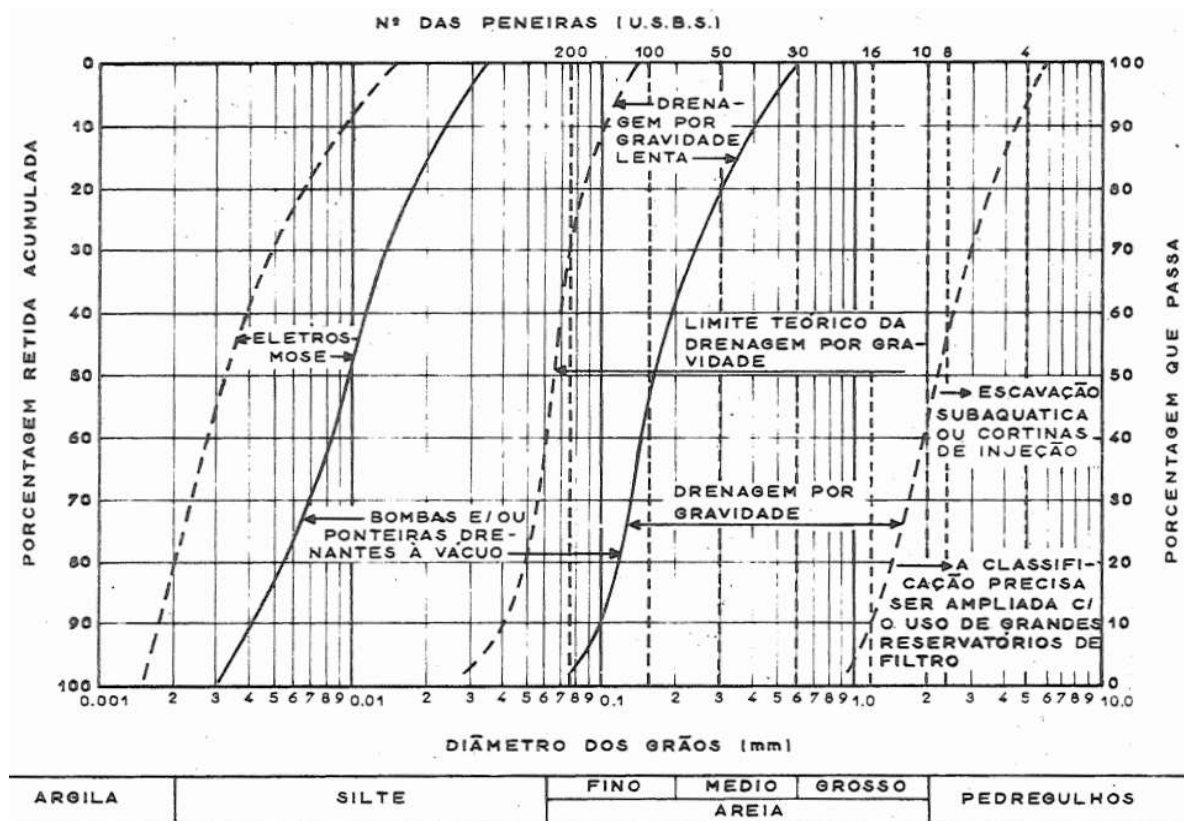
Fonte: Feitosa et al. (2008, p.58).

No conceito de hidrogeologia, a denominação água subterrânea é atribuída apenas à água que circula na zona saturada, isto é, na zona situada abaixo da superfície freática (Feitosa et al., 2008).

E em qualquer escavação de engenharia que necessite ser executada abaixo do nível de água (N.A.), irá ocorrer afluxo de água subterrânea; e a taxa de afluência, vai depender do tamanho e profundidade da escavação e das propriedades hidrogeológicas dos solos ou

das rochas que estão sendo escavados (Freezer e Cherry, 2017). A determinação da condição do nível de água tem importância significativa na solução de problemas, influenciando o projeto, que pode condicionar a necessidade de rebaixamento do nível freático, laje de subpressão, drenagem permanente, ou tratamento do solo abaixo da cota de implantação dos solos (Milititsky, 2016). Para os casos de rebaixamento do nível de água subterrânea, de acordo com Alonso (2018), existem diversos tipos de métodos, cuja escolha vai depender do objetivo (tempo de bombeamento, profundidade do rebaixamento), tipo de solo e condições hidrogeológicas, podendo ser, por exemplo: bombeamento direto (ou esgotamento de vala), ponteiros filtrantes (*well-points*), bombas submersas, eletrosmose, entre outros. Na figura 12, é possível observar os sistemas de rebaixamento mais aplicados para os diferentes tipos de solo, de acordo com Gaiato (1997).

Figura 12 - Sistemas de rebaixamento aplicáveis aos diferentes solos.



Fonte: Gaiato (1997, p. 6).

A atividade de rebaixamento do nível de água subterrânea para a construção civil, é descrita por Oliveira e Brito (1998), como uma técnica necessária quando escavações, tanto em rocha como em solo, atingem o nível de água subterrânea; e por interferirem de várias

maneiras nas obras civis, como por exemplo extravasando para o interior da escavação, inundando a obra ou provocando instabilização das paredes da escavação, acarretam na necessidade de retirada, além das águas pluviais, para permitir o desenvolvimento das atividades; é uma forma de controle das águas, com o objetivo de diminuir as pressões e controlar o fluxo, reduzindo ou eliminando sua presença. A seguir, descrição das técnicas aplicadas:

1. Abertura de valetas ou cavas a céu aberto: descrita por Oliveira e Brito (1998), como técnica usada no interior da escavação, quando o fundo intercepta a água, dessa forma, a lâmina de água subterrânea flui para o interior das valetas e vai em direção a um ou mais poços de coleta, que acumulam essa água, sendo daí, bombeadas para fora da escavação. É o sistema mais simples, barato, de fácil construção e um dos mais utilizados. O rebaixamento máximo do nível de água obtido por esse sistema raramente excede meio metro, sendo que para rebaixamentos maiores, a construção da valeta é mais difícil, exigindo escoramento para evitar erosão. Gaioto (1997), descreve uma técnica similar a essa, mas com o nome de “bombeamento direto superficial”, canaletas abertas no fundo da escavação, onde as águas coletadas são conduzidas a poço, de onde são bombeadas para fora; geralmente executadas em material resistente e de baixa permeabilidade, com altura de rebaixamento pequena.
2. Dreno horizontal profundo ou drenos perfurados: descrito por Oliveira e Brito (1998), como perfuração subhorizontal acompanhada por revestimento, tubo filtrante envolto em manta geotêxtil, inclinado, de forma a propiciar a saída de água por gravidade, ou com bomba de sucção. Sistema comumente utilizado em obras subterrâneas, usados também para a drenagem de níveis de água transitórios que ocorrem em períodos mais chuvosos. De acordo com Alonso (2018) e Stein (2023), essa técnica evita a surgência de água no talude e mantém a sua estabilidade.
3. Drenos de alívio: descrito por Oliveira e Brito (1998), como empregados em rochas bem consolidadas, para auxiliar na redução da pressão de água no interior de um maciço, sendo a água retirada e conduzida para um sistema de coleta. Alonso (2018), nomeia esse sistema como “drenos verticais de alívio”, poços circulares em torno de 30 cm, preenchidos com material drenante (areia ou brita).
4. Drenos lineares: descrito por Alonso (2018), como um sistema que tem a função de captar a água dentro do maciço para abaixar o nível da água próximo à superfície, denominados também como “trincheiras drenantes” ou “espinha de peixe”. Técnica que consiste em instalar um conjunto de drenos lineares constituídos por uma camada de brita drenante e material geossintético, como o Bidim, comumente utilizado, principalmente em

subsolo de edifícios, onde se deseja eliminar a laje subpressão, onde a rede drenante é ligada a um poço no qual se instala uma bomba de recalque que conduz as águas drenadas para o sistema público de águas pluviais; economicamente viável se o volume de drenagem for relativamente pequeno, de forma que a bomba de recalque trabalhe apenas algumas horas por dia (Alonso, 2018).

5. Galeria de drenagem: descrita por Oliveira e Brito (1998), como galeria construída em maciço de rocha ou em maciço de solo que conduz a água para ser esgotada por bombeamento ou gravidade; e em algumas situações, podem ser construídas em cotas inferiores à cota mínima da escavação, com perfuração de drenos subverticais.

6. Poços escavados: descritos por Oliveira e Brito (1998), como abertura de poços em diâmetros variáveis, com materiais permeáveis que permitem um rápido fluxo de água para o seu interior.

7. Poços de bombeamento: descritos por Oliveira e Brito (1998), como técnica que pode ser empregada para qualquer tipo de solo ou rocha; constitui uma ou mais perfurações, podendo serem feitas de forma similar aos de poços profundos para abastecimento de água, com extração realizada por meio de motobomba de acionamento elétrico, submersível, dentro do poço; sistema empregado para longa duração, de necessidade de bombeamento permanente, proporcionando grandes alturas de rebaixamento. Gaiato (1997), nomeia essa técnica como poços profundos, com funcionamento intermitente, visto que a bomba é acionada quando o nível d'água dentro do poço atinge certa elevação máxima e a desliga ao ser atingida a elevação mínima estabelecida para que a bomba tenha sempre funcionamento submerso.

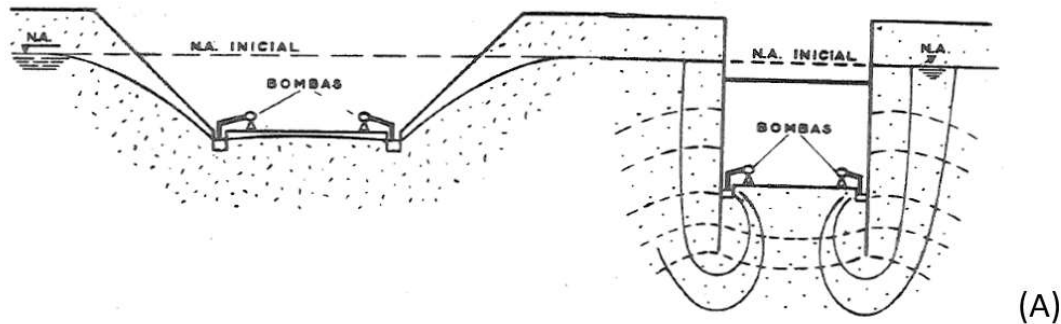
8. *Wellpoint* ou poços ponteira ou ponteira filtrante ou ponteiras à vácuo: descritos por Oliveira e Brito (1998), como as mais utilizadas em solos moles e constituem por um sistema formado basicamente por tubos com ranhuras filtrantes nas extremidades inferiores que são introduzida no terreno; sendo que a extração da água é feita por uma bomba que fica acoplada a uma tubulação de descarga disposta ao longo das ponteiras; a bomba faz a sucção do ar, estabelecendo um vácuo parcial nas ponteiras, que permite a entrada da água nos tubos, promovendo a retirada. Gaiato (1997), informa que a máxima depressão do nível de água atingida por esse sistema, é na ordem de 6 a 7 metros, sendo necessário o uso de mais estágios de ponteiras, se o rebaixamento precisa ser maior.

9. Eletrosmose: De acordo com Borrvalho (2013), é uma técnica usada em solos com permeabilidades muito baixas, da ordem dos 10^{-9} m/s, onde é necessário emitir uma carga; a diferença de potencial elétrico entre um ânodo (eletrodo positivo) e um cátodo (eletrodo

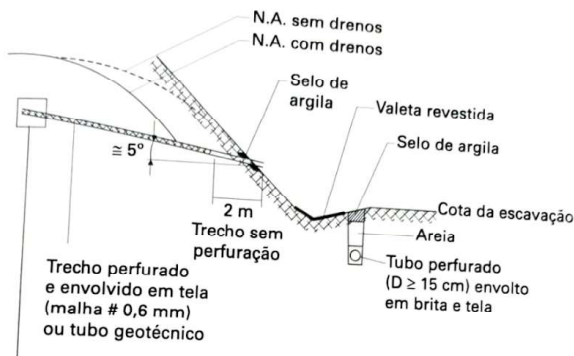
negativo), irá provocar o movimento da água em direção ao cátodo, possibilitando a extração dessa água por bombeamento.

Nas figuras 13, 14 e 15, pode-se observar a ilustração de algumas das técnicas que foram expostas, utilizadas para um rebaixamento do nível de água subterrânea.

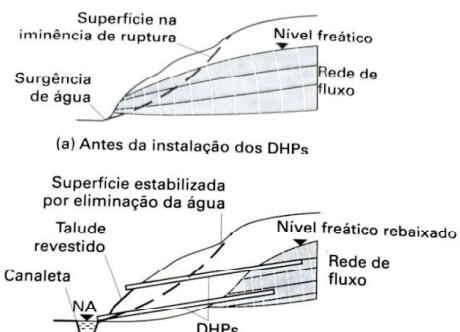
Figura 13 - Ilustração de algumas técnicas descritas de rebaixamento do nível de água subterrânea: (A) técnica 1- bombeamento direto superficial ou abertura de valetas ou cavas a céu aberto; (B) técnica 2- dreno horizontal profundo e esquema de estabilização de talude com o nível de água rebaixado; (C) técnica 3 - dreno de alívio.



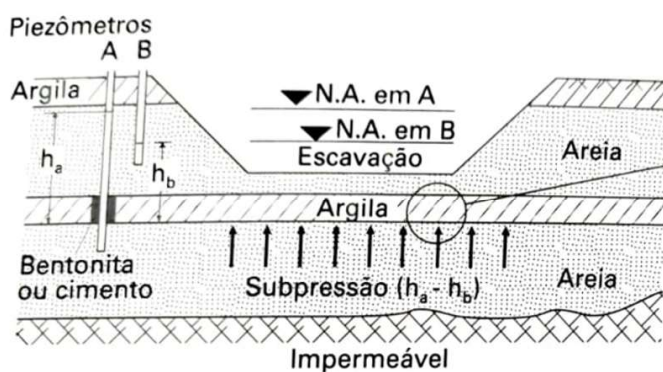
Fonte: Gaioto (1997, p.3)



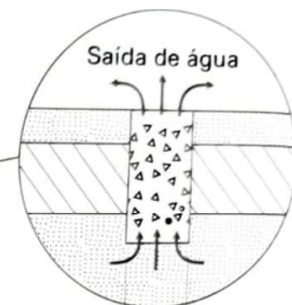
Fonte: Alonso, 2018 (p.81)



Fonte: Alonso, 2018 (p.139)

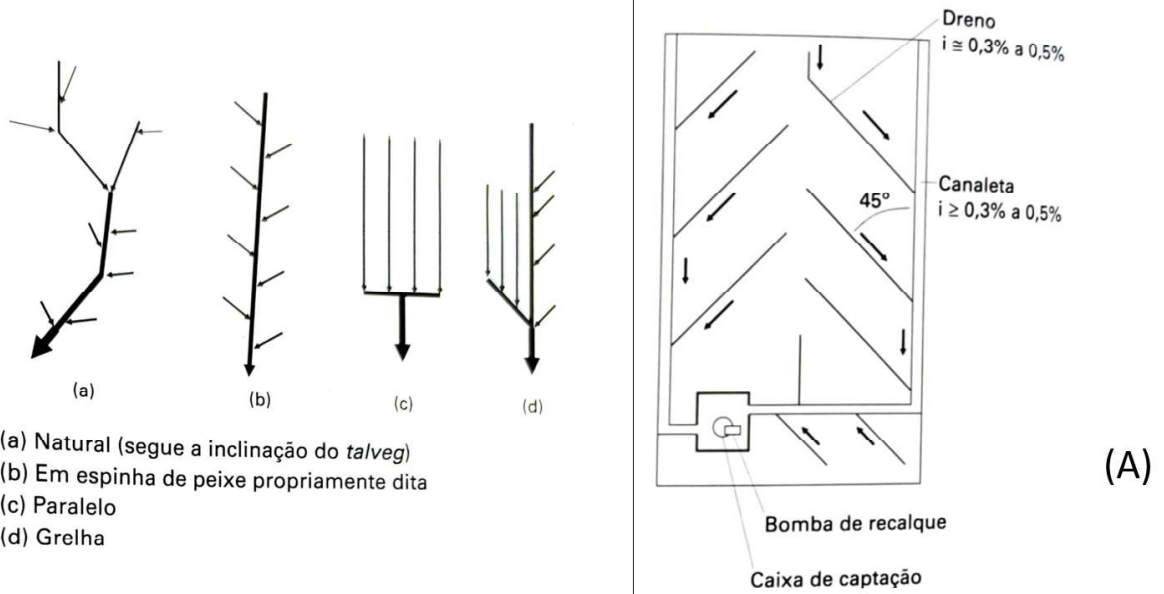


Fonte: Alonso, 2018 (p.38)



(C)

Figura 14 - Ilustração de algumas técnicas descritas de rebaixamento do nível de água subterrânea: (A) técnica 4 - disposição de drenos lineares e exemplo de esquema básico em subsolo de prédio; (B) técnica 5 - galeria drenante.



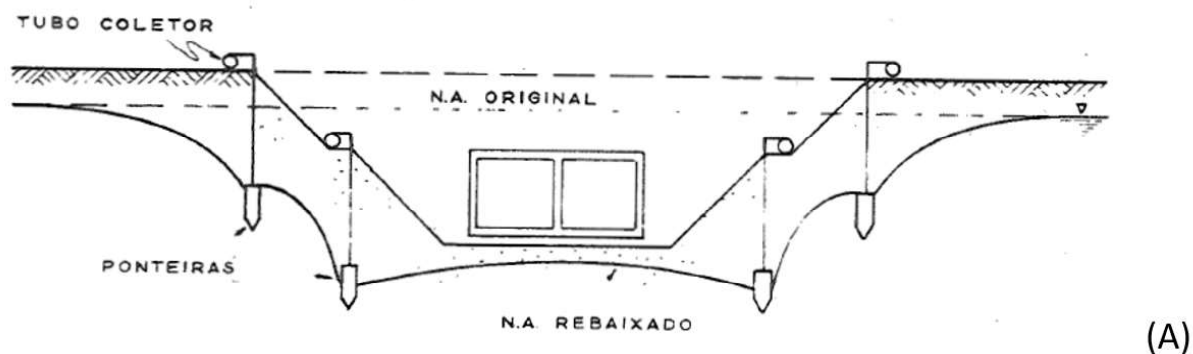
Fonte: Alonso, 2018 (p.135)

Fonte: Alonso, 2018 (p.136)

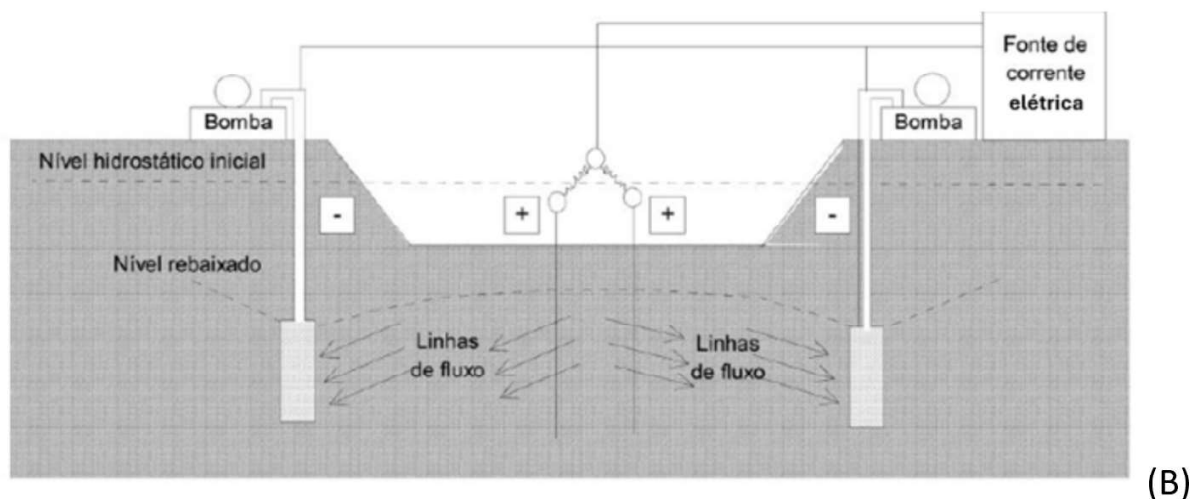


(B)

Figura 15 - Ilustração de algumas técnicas descritas de rebaixamento do nível de água subterrânea: (A) técnica 8 - rebaixamento por ponteiras; (B) técnica 9 - sistema de eletroseque.



Fonte: Gaioto (1997, p.4)



Fonte: Borralho, 2013 *apud* Medeiros, 1998.

Esses sistemas, são medidas de controle dos gradientes e das cargas hidráulicas, invertendo o fluxo natural das águas subterrâneas; cujo volume varia de acordo com as condições particulares de cada caso, desde volumes reduzidos à grandes vazões. Essas formas de controle da água subterrânea, recebem o nome de “rebaixamento” porque resultam em abaixamento da superfície do nível de água e, como quase sempre requerem o uso de bombas hidráulicas para a extração da água, também podem ser denominados de “sistemas de bombeamento” (Oliveira e Brito, 1998).

Uma parte importante de qualquer investigação em terreno é a determinação do nível freático, podendo ser necessário determinar a variação do nível durante certo período de tempo, sendo que a observação das águas subterrâneas assume particular importância, se for necessário realizar escavações profundas (Craig, 2007). De acordo com Alonso (2018),

verificar as condições reais de uma área e identificar se será necessário projeto de rebaixamento, começa com a identificação do tipo de aquífero, conhecimento da espessura (ou espessuras) da(s) camada(s) que contribui para o fluxo e, principalmente, o valor do coeficiente de permeabilidade, por ser o parâmetro que mais influi no comportamento do rebaixamento; e está mais associado a solos granulares do que a coesivos.

Através de furo de sondagem, pode ser determinado o nível freático (Craig, 2007). A elaboração de projetos e de fundações, exige um conhecimento adequado das diversas camadas dos solos e existem diversos tipos de ensaios de campos, sendo o SPT - “*Standard Penetration Test*” o mais utilizado no Brasil (Falconi et al., 2019). O SPT é uma sondagem a percussão, é um procedimento geotécnico de campo, capaz de amostrar o subsolo e fornecer dados como: o tipo de solo atravessado, a resistência oferecida pelo solo à cravação do amostrador padrão e a posição do nível d’água, ou dos níveis d’água, quando encontrados durante a perfuração (Falconi et al., 2019). A Norma Brasileira regulamentadora é a ABNT NBR 6484:2020 - Solo - Sondagem de simples reconhecimento com SPT - Método de ensaio, onde diz que, tanto na sondagem manual como mecanizada, devem ser informadas as profundidades das transições de camadas detectadas e a posição do nível de água (quando ocorrer), durante a execução de cada sondagem.

De acordo com Giampá e Gonçalves (2006), as águas subterrâneas ocorrem preenchendo os poros, fissuras e outras formas de vazios das rochas; e os sedimentos e rochas sedimentares constituem, relativamente (e via de regra geral), os melhores e mais importantes aquíferos, em função de sua porosidade e permeabilidade, que foram formados pela deposição natural de fragmentos de rochas ou de minerais em ambiente aquático (tais como rios, lagos, oceanos), aéreos (desertos), ou mistos - praias, estuários; o que resulta no tipo de porosidade/permeabilidade denominada intergranular ou primária (espaços vazios, poros ou interstícios entre si). Diferente das rochas cristalinas e metamórficas, que são relativamente compactas, resultado dos processos de solidificação do magma, ou das pressões e temperaturas a que foram submetidos os corpos rochosos; e apresentam porosidade/permeabilidade primária ou intersticial praticamente nula (sendo assim, a porosidade, quando existente, é fissural ou secundária - resultante de esforços tectônicos - falhas, fraturas, fissuras ou associadas às descontinuidades entre corpos rochosos) (Giampá e Gonçalves, 2006).

A hidrogeologia clássica era voltada basicamente para o estudo da zona saturada, no entanto, visto a crescente necessidade de uso e proteção do solo e água subterrânea, atualmente são analisadas as propriedades hidrogeológicas com a integração da zona não

saturada e as variadas funções de aquícludes e aquítardos; além de parâmetros que regulam a estocagem e o fluxo ou transporte de água, podendo serem utilizadas diferentes tecnologias, como aplicação de métodos geofísicos e testes hidrodinâmicos para conhecimento do perfil hidrogeológico (Giampá e Gonçalves, 2006).

Manziona (2015), diz que camadas confinantes estão presentes, muitas vezes, entre formações aquíferas importantes; mas a presença de camadas confinantes em relação ao meio é relativa, pois uma camada de silte em substrato argiloso, pode ser um aquífero; enquanto que uma camada de silte em substrato arenosos, pode ser uma barreira impermeável.

O aquíclude, é caracterizado como quaisquer estratos ou formações geológicas que contenham água em seu interior, mas não a transmite (por ser uma camada porosa, pode conter água, mas não permite transmissão em condições naturais); o aquítardo é caracterizado como qualquer estrato ou formação geológica que contenha apreciáveis de água, mas a transmite de forma muito lenta, sendo economicamente inviável (sob condições especiais, essa camada permite a recarga vertical de outros aquíferos, tem o comportamento de uma membrana semipermeável) (Manziona, 2015).

Há ainda, a classificação de um aquífugo, que é caracterizado como formação geológica absolutamente impermeável, de baixíssimo grau de porosidade, que não contém água, como as rochas cristalinas não fraturadas (Manziona, 2015).

No quadro 3, está apresentado o resumo da classificação hidrogeológica, de acordo com Giampá e Gonçalves (2006).

Quadro 3 - Classificação hidrogeológica dos sedimentos e rochas.

| Classes hidrogeológicas | Condutividade hidráulica (cm/s) | Porosidade específica (%) | Litologias |
|--------------------------------|--|----------------------------------|--|
| Aquíferos | $(1 - 10^{-4})$ | (5-27) | areias, arenitos, rochas muito fraturada/alteradas |
| Aquíardos | $(10^{-3} - 10^{-5})$ | (3-5) | siltes, areias argilosas, argilas arenosas, rochas pouco fraturadas/alteradas |
| Aquícludes | $(10^{-6} - 10^{-9})$ | (2-3) | argilas, folhelhos, rochas muito pouco fraturadas/alteradas |
| Aquífugos | menor que 10^{-9} | menor que 1 | rochas cristalinas - magmáticas e metamórficas, blocos de quartzitos, basaltos, não fraturados ou intemperizados |

Fonte: Giampá e Gonçalves (2006, p. 81).

3.6. PERMEABILIDADE DOS SOLOS

Parâmetro importante para estudos sobre o movimento de água no solo e velocidade de infiltração (Manziona, 2015). A permeabilidade, designa a facilidade com que o fluido atravessa o meio, de forma a analisar a recarga de água subterrânea (Giampá e Gonçalves, 2006). Segundo Craig (2007), depende principalmente do tamanho médio dos poros e, geralmente, quanto menores as partículas, menores serão o tamanho médio dos poros e menor a permeabilidade.

Os ensaios de permeabilidade em solos visam a caracterização hidráulica de terrenos e se dá pela determinação da condutividade hidráulica, expressa pela permeabilidade (K), em cm/segundo de modo a verificar a permeabilidade do solo *in loco*, em condições naturais (ABGE 107/2024).

De acordo com Alonso (2018), o conhecimento é importante para os problemas de movimento da água no solo e, em particular, os de rebaixamento temporário de aquíferos; e para fins práticos de engenharia, permeabilidade inferior a 10^{-8} cm/s (argila), diz-se que o solo é impermeável; e como referência, o concreto sem fissuras apresenta um coeficiente da ordem de 10^{-12} cm/s. No quadro 4, pode-se observar alguns exemplos de condutividade hidráulica para alguns tipos de sedimentos não consolidados, obtido de Feitosa et al. (2008).

Quadro 4 - Exemplo de faixas de valores de condutividade hidráulica (cm/s) em alguns materiais não consolidados.

| Material | Condutividade hidráulica (cm/s) |
|--------------------------------------|--|
| Argila | $10^{-9} - 10^{-6}$ |
| Silte, Silte arenoso, Areia argilosa | $10^{-6} - 10^{-4}$ |
| Areia siltosa, Areia fina | $10^{-5} - 10^{-3}$ |
| Areia bem distribuída | $10^{-3} - 10^{-1}$ |
| Cascalho bem distribuído | $10^{-2} - 10^0$ |

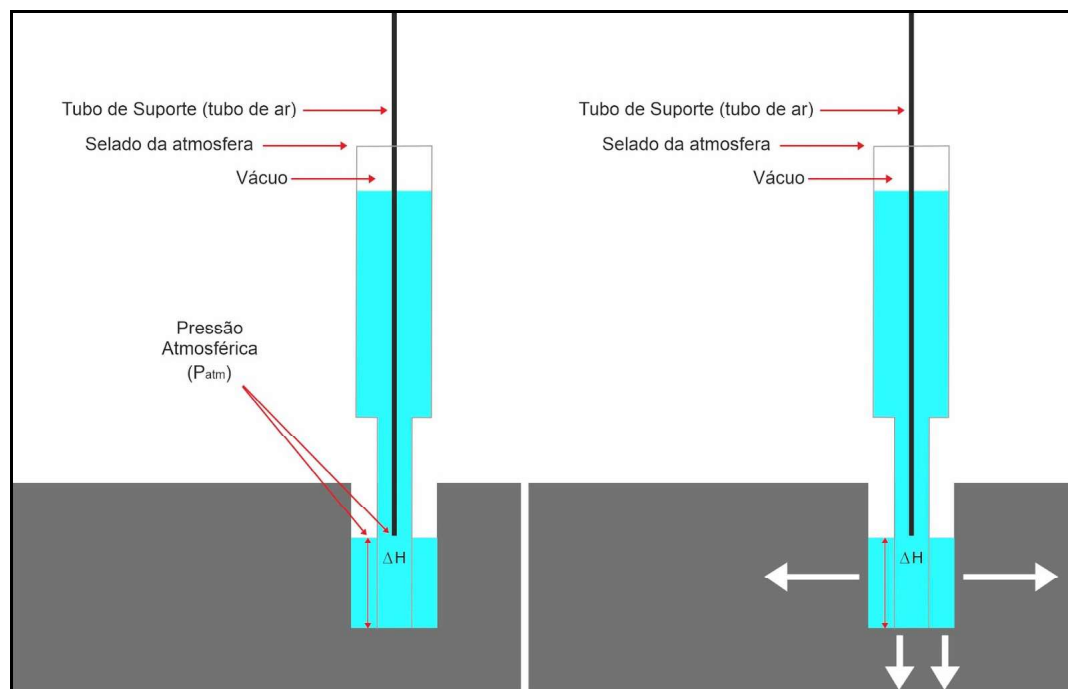
Fonte: Modificado de Feitosa et al. (2008 p. 79).

A fim de determinar se há uma barreira de fluxo de água ou não, existem diversos métodos, por meio de fórmulas empíricas relacionadas com a granulometria e pouco indicadas para um projeto; ensaios de laboratório; e ensaios de campo, sendo esses o mais indicados, por não afetarem a porosidade do solo como ocorre em amostras levadas no laboratório, como também permitem uma melhor abrangência da área de projeto (Alonso, 2018).

Para os ensaios de campo, existem diversos métodos e, conseqüentemente, diversas fórmulas para a obtenção da permeabilidade (Alonso, 2018); como exemplo, o ensaio de permeâmetro de Guelph, prático, pois necessita de uma sondagem no solo relativamente pequena, demanda pouca água para o ensaio e é mais rápido, em comparação a outros métodos existentes que são abordados pela Norma ABGE 107/2024, que utiliza furo de sondagem, poço e cava, com diversas técnicas, mas que demandam mais água e tempo para serem desenvolvidos.

O permeâmetro de Guelph, é um método de ensaio em regime permanente de água, onde pequenas cargas piezométricas são mantidas constantes por um tubo de Mariotte (Soto, 1999) e é um dos aparelhos mais empregados no mundo, modelo analógico criado na Universidade de Guelph, no Canadá, nos anos 1980 (FAPESP, 2024). De acordo com University of Waterloo (2020), o equipamento consiste em um reservatório com água, que é inserido em um poço aberto no meio geológico de interesse a ser avaliado; e um tubo de ar é ajustado até a altura desejada, permitindo que a água flua para o poço até que o nível de água no poço e na base do tubo de ar, estejam em equilíbrio à pressão atmosférica; a carga hidráulica (ΔH) permanece constante no experimento e a vazão é controlada pelo meio analisado, conforme ilustração na figura 16 (University of Waterloo, 2020).

Figura 16 - Ilustração do sistema de atuação do permeâmetro Guelph, entrando em equilíbrio com a pressão atmosférica e mantendo carga hidráulica constante durante o ensaio.



Fonte: University of Waterloo (2020). Adaptado pela autora.

As fórmulas baseiam-se no princípio teórico desenvolvido em 1985 por Reynolds e Elrick, baseados na equação de 1931 de Richards, onde o raio de fluxo permanente num furo cilíndrico é aproximado por uma equação, onde a vazão do regime permanente (Q) é o produto da área do reservatório utilizado (A) pela razão da vazão constante obtida durante os ensaios (R), dado por: $Q = R \times A$ (Supo, 2008).

A técnica, de acordo com Supo (2008), utiliza o método de carga hidráulica constante (H) e quando o regime permanente é atingido (Q), a condutividade hidráulica saturada é determinada pelas seguintes fórmulas:

$$k_s = \frac{C \cdot Q}{\left(2\pi \cdot H^2 + \pi \cdot a^2 \cdot C + \frac{2 \cdot \pi \cdot H}{\alpha} \right)} \quad (1)$$

Onde:

k_s = Condutividade hidráulica saturada

Q = Vazão do regime permanente

H = Altura da carga hidráulica

a = Diâmetro do orifício aberto pelo trado no solo

α = valor sugerido a respeito do solo ensaiado (categoria textura-estrutura do solo)

Sendo o C , um fator que depende da relação entre a altura da carga hidráulica, do diâmetro do poço e do tipo de solo, representado pela fórmula:

$$C = 4 \cdot \left[\frac{1}{2} \operatorname{senh}^{-1} \left(\frac{H}{2a} \right) - \sqrt{\left(\frac{a}{H} \right)^2 + \frac{1}{4} + \frac{a}{H}} \right] \quad (2)$$

E, baseado nessas teorias, das fórmulas aplicadas para o uso do permeâmetro de Guelph, podem ser adotadas as que utilizam duas cargas diferentes (H1, H2) em tubos combinados de água, sendo que para cada carga, se define uma vazão (Q1, Q2), onde a condutividade (k) é definida pela expressão (Soilmoisture Equipment Corp., 2012):

$$K_{fs} = G_2 Q_2 - G_1 Q_1 \quad (3)$$

Sendo:

$$G_1 = \frac{H_2 C_1}{\pi(2H_1 H_2 (H_2 - H_1) + a^2 (H_1 C_2 - H_2 C_1))}$$

$$G_2 = \frac{H_1 C_2}{\pi(2H_1 H_2 (H_2 - H_1) + a^2 (H_1 C_2 - H_2 C_1))} \quad (4)$$

Onde:

H = carga hidráulica do poço, altura em cm

a = raio do poço aberto, em cm

C = fator de comprimento capilar, que é decidido de acordo com a categoria textura-estrutura do solo, conforme especificado no quadro 5.

Quadro 5 - Categoria do solo para definição do fator de comprimento capilar a ser utilizado na fórmula.

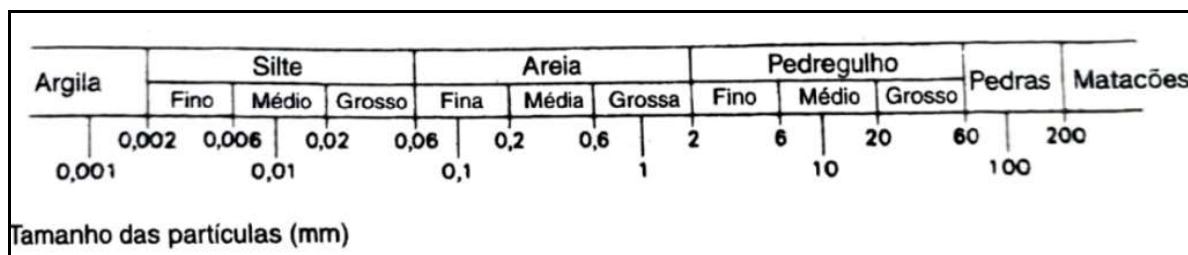
| Categoria textura-estrutura do solo | α^* | Fórmula |
|---|------------|--|
| Materiais compactos, sem estrutura, argilosos ou siltosos, como revestimentos em aterros ou sedimentos lacustres, marinhos etc. | 0,01 | $C_1 = \left(\frac{H_2/a}{2.081 + 0.121(H_2/a)} \right)^{0.672}$ |
| Solos de textura fina (argilosos ou siltosos) e não estruturados, também podem incluir algumas areias finas. | 0,04 | $C_1 = \left(\frac{H_1/a}{1.992 + 0.091(H_1/a)} \right)^{0.683}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{1.992 + 0.091(H_2/a)} \right)^{0.683}$ |
| A maioria dos solos estruturados, de argilas a francos, também inclui areias médias e finas não estruturadas. A categoria mais frequentemente aplicável para solos agrícolas. | 0,12 | $C_1 = \left(\frac{H_1/a}{2.074 + 0.093(H_1/a)} \right)^{0.754}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)} \right)^{0.754}$ |
| Areias grossas e pedregosas também podem incluir alguns solos altamente estruturados com rachaduras grandes e/ou numerosas, macroporosos etc. | 0,36 | $C_1 = \left(\frac{H_1/a}{2.074 + 0.093(H_1/a)} \right)^{0.754}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)} \right)^{0.754}$ |

Fonte: Soilmoisture Equipment Corp. (2023). Traduzido.

3.7 GRANULOMETRIA

A granulometria, tamanho das partículas em solos, podem variar conforme faixa de tamanho exposta na figura 17 e suas propriedades são influenciadas por esses tamanhos, o que vai representar, por exemplo, se são solos finos (influenciados por argila e silte) ou solos grossos (partículas de tamanho areia à pedregulho) (Craig, 2007).

Figura 17 - Faixas de tamanho de partículas (mm).



Fonte: Craig (2004, p.4)

Parâmetro importante, é indicativo da capacidade de infiltração e retenção de água no meio. As menores partículas (argila), possuem uma relação área superficial/volume muito alta, visto que há muitos poros pequenos e a água flui com uma taxa muito mais lenta e há uma maior retenção de água; e o oposto ocorre com as partículas mais arenosas, em que a água flui rapidamente através das partículas devido aos poros grandes e bem conectados, com retenção de água menor (Klopp, 2024).

3.8 LEVANTAMENTO GEOFÍSICO (ELETRORRESISTIVIDADE)

A eletrorresistividade é um método que segundo Kearey et al. (2009), é usado no estudo de discontinuidades horizontais e verticais, sendo rotineiramente aplicado em investigações na engenharia e em hidrogeologia para análises em subsuperfície.

Os diferentes tipos de materiais existentes no ambiente geológico apresentam como uma de suas propriedades fundamentais a resistividade elétrica (dificuldade que a corrente elétrica encontra na passagem em um determinado material - influenciado por diversos fatores, como presença ou não de determinados minerais, líquidos, gases, porosidade, compactação...); sendo um parâmetro físico aplicável para caracterização da integridade física de materiais geológicos, em termos de alteração, fraturamento, saturação, entre outros (Braga, 2016). E os métodos elétricos são os mais utilizados (os mais tradicionais) para investigação hidrogeológica, podendo ser determinadas as profundidades de níveis d'água, profundidades de topo e base de cada formação (Gonçalves e Giampá, 2006). É voltado no

uso de correntes diretas ou correntes alternadas de baixa frequência para investigar as propriedades elétricas de subsuperfície, sendo a resistividade usada no estudo de descontinuidades horizontais e verticais nas propriedades elétricas do solo e na detecção de corpos tridimensionais de condutividade elétrica anômala (Kearey et al., 2009).

A resistividade de um solo diminui tanto com o aumento do teor de umidade como com o aumento da concentração de sais; por exemplo, uma areia densa (compacta) e limpa, acima do nível freático, exibe uma resistividade maior do que uma argila saturada, que contém água nos poros e íons livres (Craig, 2007). Isso porque os mecanismos de propagação das correntes elétricas ocorrem tanto por condutividade eletrônica (metais e semicondutores), através do transporte de elétrons na matriz da rocha; como por condutividade iônica (eletrólitos), devido ao deslocamento dos íons existentes nas águas, que depende da concentração de sais dissolvidos (Braga, 2016).

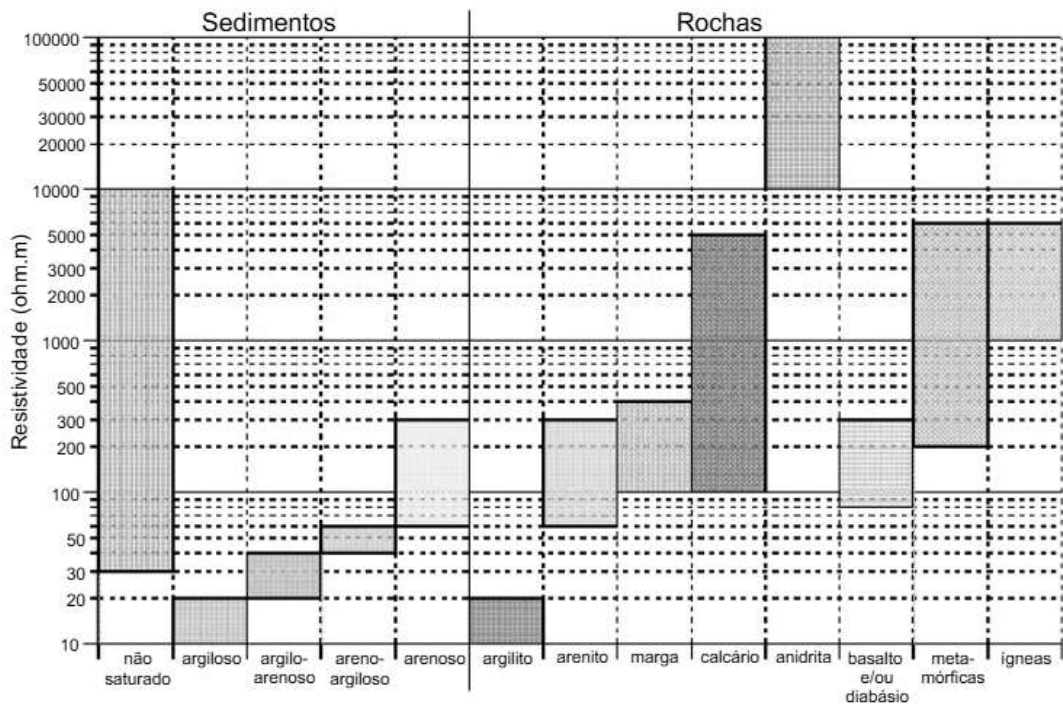
Em uma área a ser estudada, pode-se identificar diferentes tipos de materiais geológicos com base nos dados da resistividade, cuja unidade é o ohm-metro ($\Omega.m$), sendo que as resistividades dos solos, quando saturados, seguem padrões que estão especificados na figura 18, figura 19 e no quadro 6, sendo possível identificar e caracterizar diferentes tipos de materiais geológicos localizados em subsuperfície; mas, quando os solos encontram-se secos, porção localizada acima do nível d'água, seus valores são considerados atípicos, apresentando uma ampla faixa de variação, não sendo possível a identificação dos materiais em subsuperfície em termos litológicos (Braga, 2006).

Figura 18 - Resistividade e litologia.

| Tipo Litológico: Sedimentos/(Rochas) | | Resistividade (ohm.m) |
|---|--|----------------------------------|
| Zona não saturada | | 20 a 30.000 |
| Zona saturada | Sedimentos Argilosos – (Argilitos) | ≤ 20 |
| | Sedimentos Argilo-Arenosos | 20 a 40 |
| | Sedimentos Areno-Argilosos | 40 a 60 |
| | Sed. Silte-Argilosos – (Siltitos Argilosos) | 25 a 40 |
| | Sed. Silte-Arenosos – (Siltitos Arenosos) | |
| | Sedimentos Arenosos – (Arenitos) | ≥ 60 |

Fonte: Braga (2006, p.73).

Figura 19 - Faixas de variações nos valores de resistividade-solos/sedimentos e rochas.



Fonte: Braga (2006, p. 22).

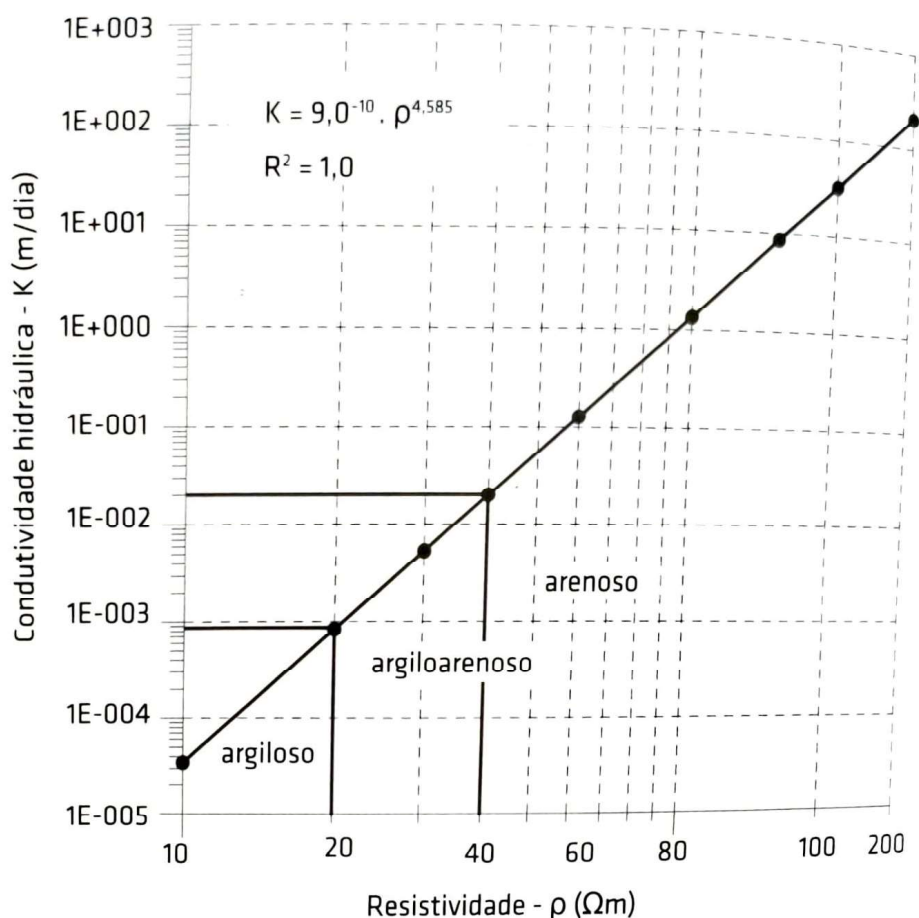
Quadro 6 - Potencial aquífero em função da resistividade e litologia.

| Resistividade (ohm.m) | Litologia (predominante) | Características hidrogeológicas |
|-----------------------|--------------------------|---------------------------------|
| < 20 | Argiloso | Aquiclude |
| 20 a 40 | Argilo-arenoso | Aquitardo |
| 40 a 300 | Arenoso | Aquífero |

Fonte: Braga (2016, p.93).

A condutividade hidráulica pode também estar correlacionada com a resistividade, sendo diretamente proporcionais, conforme mostra figura 20, gráfico da resistividade *versus* condutividade hidráulica, exposto por Braga (2016).

Figura 20 - Relação entre a resistividade e a condutividade hidráulica.



Fonte: Braga (2016, p. 96).

O padrão do método, de acordo com Craig (2007), consiste basicamente em cravar quatro eletrodos no terreno, espaçados igualmente (L) entre si em uma linha reta; por onde uma corrente (I) alimentada por uma bateria, flui através do solo entre os dois eletrodos exteriores, produzindo um campo elétrico dentro do solo; e em seguida, mede-se a queda de voltagem (E) entre os outros dois eletrodos internos; sendo a resistividade dada pela equação: $R = (2\pi LE)/I$.

O equipamento utilizado é o resisitivímetro, que consiste em injetar no solo uma corrente elétrica de intensidade conhecida, com o uso de eletrodos de emissão e a medida da diferença de potencial, resultante da passagem desta corrente, por meio de outros eletrodos; dessa forma é calculada a resistividade elétrica, produto da resistência elétrica por um fator geométrico que depende do espaçamento dos eletrodos (Souza e Gandolfo, 2021); e a profundidade de penetração da corrente aumenta, com o aumento da separação dos eletrodos (Kearey et al., 2009).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 AQUISIÇÃO DE DADOS SECUNDÁRIOS E VISITA TÉCNICA

Para o desenvolvimento do trabalho, inicialmente foi realizada a pesquisa e aquisição de dados de sondagens SPT e laudos geológicos de alguns locais na cidade de Santa Maria, RS, contatos foram realizados com empresas prestadoras de serviço de sondagens e empresas construtoras, solicitando cópia de laudos técnicos, relatórios de ensaio SPT, bem como informações técnicas sobre algumas obras que já foram concluídas na cidade.

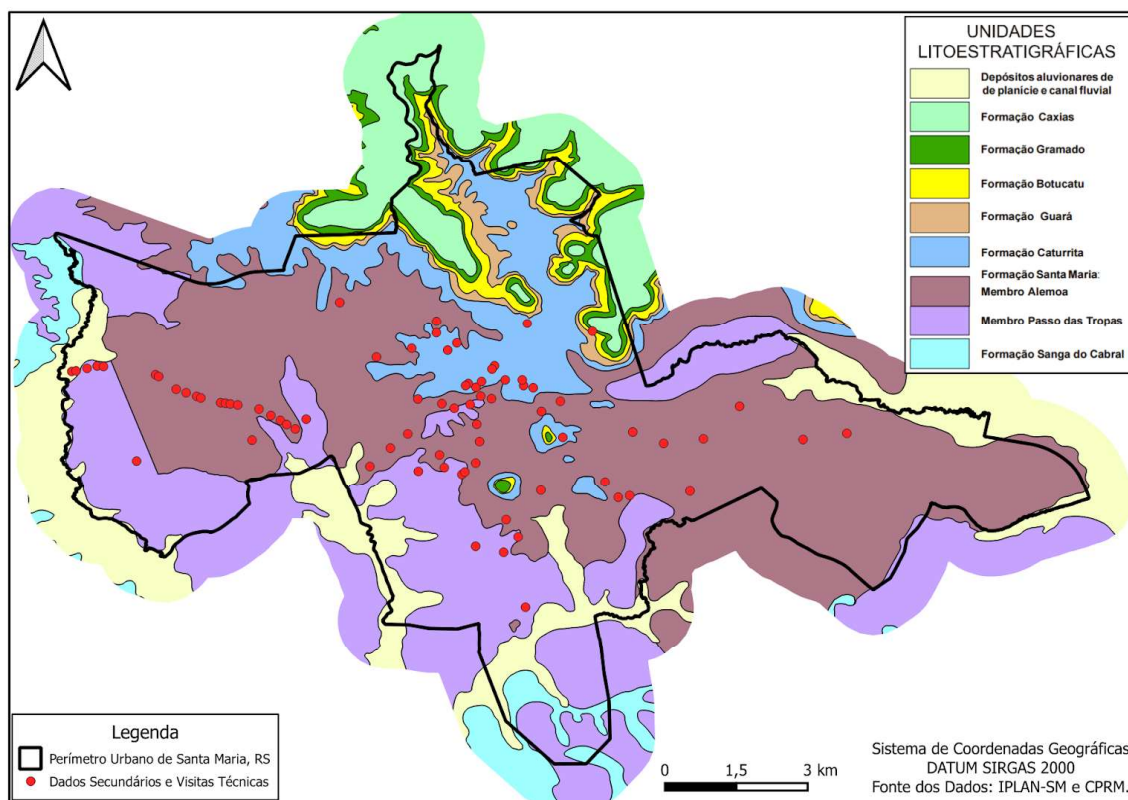
Nessa etapa de trabalho, também foram realizadas visitas técnicas em canteiro de obras (em fase inicial, durante escavação/perfuração do solo e em fase avançada da construção), bem como visita em edificações já concluídas; com o intuito observar *in loco* e compreender as práticas da engenharia civil aplicadas nas obras e edificações, em relação a necessidade ou não de rebaixamento do nível de água subterrânea.

A escolha das obras visitadas que estavam em fase de perfuração do solo, foi aleatória, muitas vezes ocorreu ao acaso, observando um caminhão com uma máquina de sondagem se deslocando na cidade e seguindo o seu trajeto até um local de obra; e posteriormente pela gentileza dos operadores entrarem em contato, informando onde seria o próximo trabalho a ser executado na cidade. Em canteiro de obras, já em fase avançada de construção, a escolha dos locais foi baseada na observação da existência de garagem subsolo e na autorização de acesso pelos responsáveis; o mesmo ocorreu no caso das edificações já concluídas, onde buscou-se aleatoriamente algumas que visualmente era possível perceber a existência de garagem subsolo e presença de tubulação na sarjeta, com vestígios de liberação de água; e que ao mesmo tempo, foi possível entrar em contato com algum morador e/ou funcionário (zelador, síndico), que gentilmente dispuseram seu tempo a colaborar com a pesquisa, cedendo o acesso até as garagens da edificação e prestando seu relato com dados, que foram essenciais para o entendimento de cada caso.

As informações coletadas foram compiladas em tabela do excel contendo: número de identificação do relatório/obra/edificação; coordenada geográfica; unidade litoestratigráfica; observações pertinentes (relato importante ou resumo dos dados do relatório da sondagem SPT e/ou geológico); número da sondagem ou ponto; profundidade máxima investigada; profundidade do nível de água quando existente. Esses dados foram analisados com foco voltado para a questão da existência ou não de água subterrânea e verificando se ocorre ou não a atividade de rebaixamento do nível de água subterrânea no perímetro urbano de Santa Maria e em quais condições, comparando as situações observadas com os parâmetros teóricos da revisão bibliográfica de conceitos e metodologias descritas relativos a esse tema.

Para fins de sigilo, não serão divulgados os nomes das empresas, endereços dos pontos dos laudos de sondagem/laudos geológicos ou endereços das obras e edificações visitadas, mas realizou-se um mapa para ilustração da distribuição desses locais no perímetro urbano e em relação a unidade litoestratigráfica abrangente, conforme figura 21.

Figura 21 - Mapa da distribuição dos locais de dados secundários e visitas técnicas no perímetro urbano e em relação à unidade litoestratigráfica.



Fonte: Elaboração própria.

4.2 DEFINIÇÃO DE ÁREAS PARA ENSAIOS DE CAMPO

Para a realização dos ensaios de campo, envolvendo análise de permeabilidade e eletrorresistividade, inicialmente foi necessária a definição da quantidade de áreas a serem analisadas e a localização.

A quantidade de áreas a serem analisadas, levou em consideração a necessidade de no mínimo uma área por unidade litoestratigráfica dentro do perímetro urbano, com exceção da Formação Botucatu e Grupo Serra Geral, visto que essas unidades pertencem aos morros testemunhos da cidade e possuem baixa taxa de ocupação. Os morros testemunhos são considerados como Área de Preservação Permanente - Associação de Morros e Morretes do Planalto Meridional Brasileiro, de acordo com a Lei de Uso e Ocupação do Solo de Santa

Maria/RS - Lei Complementar 117, de 2018 e encontram-se densamente arborizados. Portanto, as unidades que foram analisadas, e que fazem parte do perímetro urbano são:

- Depósitos Aluvionares;
- Formação Caturrita;
- Formação Santa Maria - Membro Alemoa;
- Formação Santa Maria - Membro Passo das Tropas; e,
- Formação Sanga do Cabral.

Em função da logística e agenda limitada da equipe técnica e equipamentos da Unipampa, optou-se por realizar uma análise por área, totalizando cinco áreas, para serem concluídas em um dia de campo.

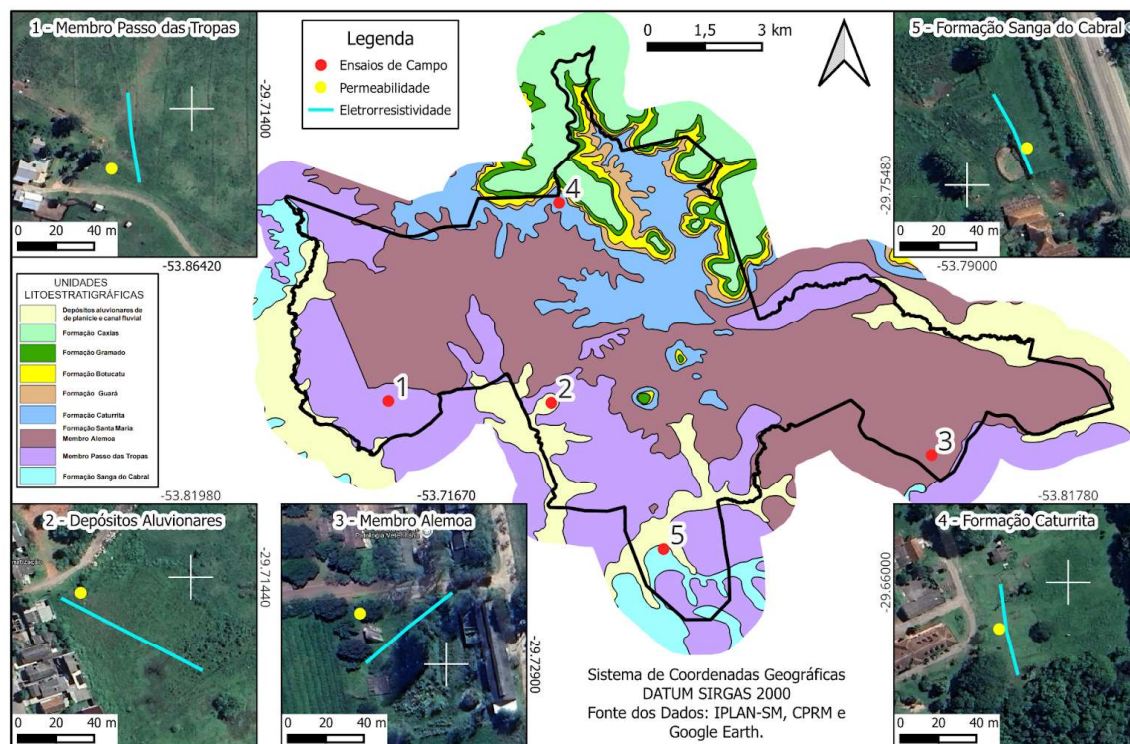
A seleção das áreas passou pelos seguintes critérios de análise:

- Tamanho da área: como os dados secundários (analisados previamente), apresentaram uma profundidade média investigada em torno de seis metros, definiu-se que a prioridade da análise geofísica seria um detalhamento maior das camadas subsuperficiais, não tão profunda. Portanto, definiu-se que as áreas deveriam permitir a colocação de uma linha em torno de 60 metros, com espaçamento dos eletrodos de 1,50 m.
- Facilidade de acesso: para aumentar as chances de cumprir o cronograma, realizando os ensaios em um dia de campo, foi indispensável avaliar a facilidade de acesso aos pontos de análise, permitindo acesso de veículo e minimizando os deslocamentos a pé. Portanto, definiu-se que as áreas deveriam ser sem vegetação densa e sem obstáculos, para evitar atrasos.
- Área sem interferência antrópica significativa: a fim de analisar as condições naturais do meio, optou-se por selecionar áreas que não sofreram aterro, corte/escavação; essa observação foi realizada previamente por meio de imagens de satélite do *Google Earth*, no histórico das imagens.
- Atender lacunas de dados: Optou-se por escolher áreas nos extremos do perímetro urbano, sendo as porções sem dados secundários obtidos.

Após a seleção prévia das áreas, realizada por meio de análise de imagens de satélite do *Google Earth*, realizou-se uma visita em cada área, para avaliação das condições atuais. Uma das áreas previamente selecionadas precisou ser substituída, devido a uma interferência observada no ambiente no dia da visita, que alterava as condições naturais (aterro). Observando-se o atendimento dos pré-requisitos, entrou-se em contato com os proprietários/responsáveis pelas áreas, para solicitar autorização de acesso e execução dos

estudos, os quais foram todos concedidos. Na figura 22, está apresentado o mapa de localização das áreas selecionadas com os pontos de permeabilidade e linhas da eletrorresistividade.

Figura 22 - Mapa de localização das áreas selecionadas com os pontos de permeabilidade e linhas da eletrorresistividade.



Fonte: Elaboração própria

As atividades de campo foram realizadas no dia 21 de outubro de 2025, em tempo quente e ensolarado, sendo as precipitações anteriores ocorridas nos dias 16 de outubro e 18 de outubro, conforme mostra o quadro 7, com os dados pluviométricos registrados em três estações distribuídas na cidade, disponibilizados pelo CEMADEN.

Quadro 7 - Dados pluviométricos registrados em três estações distribuídas na cidade de Santa Maria, em dias anteriores à data dos ensaios de campo.

| Data | Valor acumulado (mm) - Estação G2-Camobi | Valor acumulado (mm) - Estação G2-Lorenzi | Valor acumulado (mm) - Estação G2-Presidente João Goulart |
|------------|--|---|---|
| 14/10/2025 | 0 | 0 | 0 |
| 15/10/2025 | 0 | 0 | 0 |
| 16/10/2025 | 3,2 | 5,6 | 7 |
| 17/10/2025 | 0 | 0 | 0 |
| 18/10/2025 | 0,8 | 3,2 | 0,8 |
| 19/10/2025 | 0 | 0 | 0 |
| 20/10/2025 | 0 | 0 | 0 |

Fonte: CEMADEN

4.3 ANÁLISE DE PERMEABILIDADE DOS SOLOS

Com o objetivo de integração na investigação hidrogeológica, foram realizados testes de permeabilidade do solo, medindo a condutividade hidráulica utilizando o permeâmetro de Guelph, modelo Guelph, 2800K1, Marca Soilmoisture, de propriedade da Universidade Federal do Pampa, conforme registro fotográfico do equipamento, exposto na figura 23.

Figura 23 - Registro fotográfico da frente da maleta de transporte indicando o modelo a ser usado do Permeâmetro Guelph - 2800K1, Marca Soilmoisture, de propriedade da UNIPAMPA e maleta aberta, com o equipamento.



Fonte: Arquivo pessoal.

Todos os ensaios foram realizados em poço aberto com uma profundidade de 20 cm e um raio de 6,4 cm, com o uso do reservatório combinado de água; sendo que o nível de água observado na escala graduada do tubo de queda de água (taxa de infiltração), foi anotado em planilha (Anexo 3), em intervalos regulares de dois em dois minutos. Para cada

leitura, foi calculada a taxa de queda d'água, que é a diferença das leituras dividida pelo de intervalo de tempo, conforme exemplo que consta no manual de uso do aparelho (Soilmoisture Equipment Corp., 2012):

Tempo inicial = 0 minutos (nível da água indicado no reservatório = 5,9 cm),

Tempo seguinte = 2 minutos (nível da água indicado no reservatório = 6,5 cm)

Diferença do tempo = 2 minutos

Diferença de nível de água = 0,6 cm

Taxa de queda (R) = variação do nível da água (cm)/intervalo de tempo (minuto)

$$R = 0,6/2 \quad R = 0,3 \text{ cm/minuto}$$

A leitura e os cálculos foram feitos até que não ocorresse alteração significativa em três intervalos de tempo consecutivos. Isto corresponde à taxa chamada de R1 e é definida como a "taxa de declínio em estado estacionário" da água no reservatório em H1 (primeira altura estabelecida de teste, que foi de 5 cm).

O procedimento foi repetido em uma altura diferente da cabeça de poço, sempre em uma altura maior, ou seja, $H2 > H1$, cuja escolha foi de 10 cm, achando-se a taxa R2 de H2.

Após a conclusão do ensaio de campo, os dados foram inseridos na planilha de cálculos apresentada no anexo 4, obtendo-se o valores da Condutividade Hidráulica do Solo (k) para cada local de análise.

O primeiro ensaio de campo foi realizado na área que abrange a Formação Santa Maria - Membro Passo das Tropas; o segundo ensaio de campo foi realizado na área que abrange os Depósitos Aluvionares; o terceiro ensaio de campo foi realizado na área que abrange a Formação Santa Maria - Membro Alemoa; o quarto ensaio de campo foi realizado na área que abrange a Formação Caturrita; e o quinto ensaio de campo foi realizado na área que abrange a Formação Sanga do Cabral.

Na figura 24 está o registro fotográfico obtido em 21 de outubro de 2025 dos ensaios de permeabilidade e nos anexos 3 e 4 é possível observar os dados obtidos a campo e as planilhas de cálculos de cada local, com os resultados da condutividade hidráulica.

Figura 24 - Registro fotográfico obtido em 21 de outubro de 2025, ilustrando: (A) ensaio 1, na área que abrange a Formação Santa Maria - Membro Passo das Tropas; (B) ensaio 2, na área que abrange os Depósitos Aluvionares; (C) ensaio 3, na área que abrange a Formação Santa Maria - Membro Alemoa; (D) ensaio 4, na área que abrange a Formação Caturrita; (E) ensaio 5, na área que abrange a Formação Sanga do Cabral.



Fonte: Arquivo pessoal.

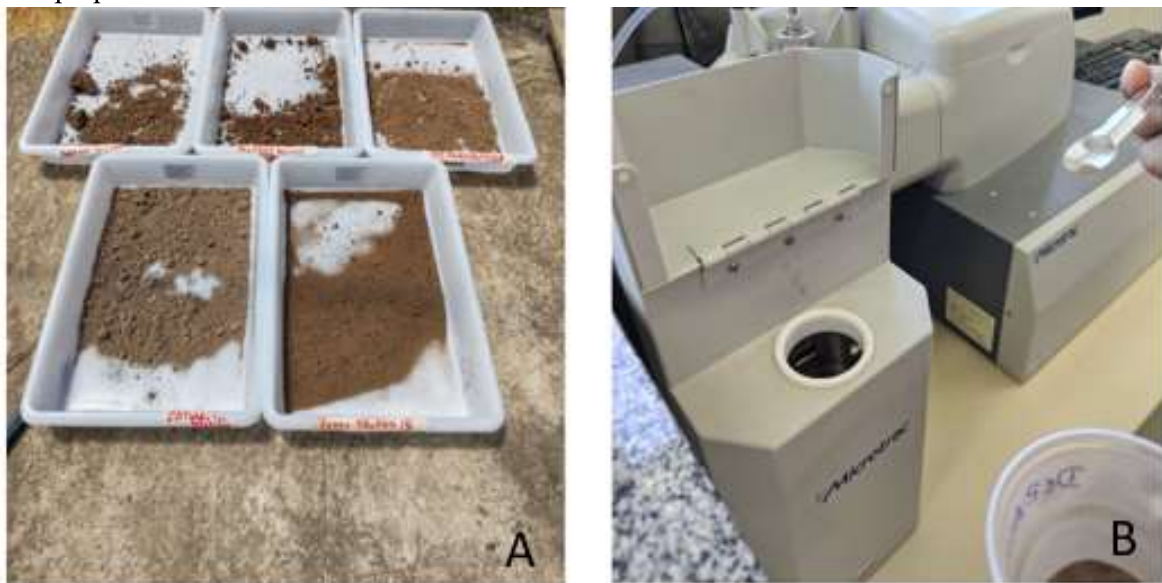
4.4 ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

Parte do solo retirado na abertura dos poços dos ensaios de permeabilidade, foram coletados e armazenados em sacos plásticos para posterior análise da granulometria em laboratório. A análise granulométrica foi realizada utilizando o equipamento Microtrac S3500, de propriedade da Universidade Federal do Pampa (Unipampa), Campus Caçapava do Sul, RS, que mede tamanhos de partículas de 0,02 a 2.800 μm , cujo princípio de medição é a difração de laser. De acordo com o manual do equipamento, o Microtrac S3500 é operado através de um pacote de *software*, com funções de realizar medições que facilitam o uso, ou seja, colocando a amostra dentro do equipamento, as medições são automáticas, com capacidade de plotar graficamente parâmetros do material.

Para o ensaio, cada amostra coletada foi previamente seca na estufa da Unipampa e posteriormente, uma pequena quantidade de cada amostra foi colocada individualmente no equipamento Microtrac S3500. O equipamento apresentou resultados em forma de gráfico, indicando a distribuição das partículas em porcentagem de massa para cada amostra.

Na figura 25 é possível observar o registro fotográfico das amostras secando na estufa e, posteriormente, o exemplo de uma das amostras sendo colocado no equipamento de análise granulométrica.

Figura 25 - Registro fotográfico: (A) amostras secando na estufa da Unipampa; (B) ilustração do equipamento Microtrac S3500 em funcionamento, onde está sendo inserido uma pequena amostra de um dos materiais.



Fonte: Arquivo pessoal.

4.5 LEVANTAMENTO GEOFÍSICO (ELETRORRESISTIVIDADE)

Com o objetivo de integração na investigação hidrogeológica, foram feitas análises do subsolo por meio da eletrorresistividade. O equipamento utilizado para a aquisição dos dados foi o resistivímetro elétrico da marca Syscal Pro, com resolução de 1 mV, fabricado na França pela IRIS, de propriedade da Universidade Federal do Pampa (Unipampa), Campus Caçapava do Sul, RS, conforme ilustrado na figura 26.

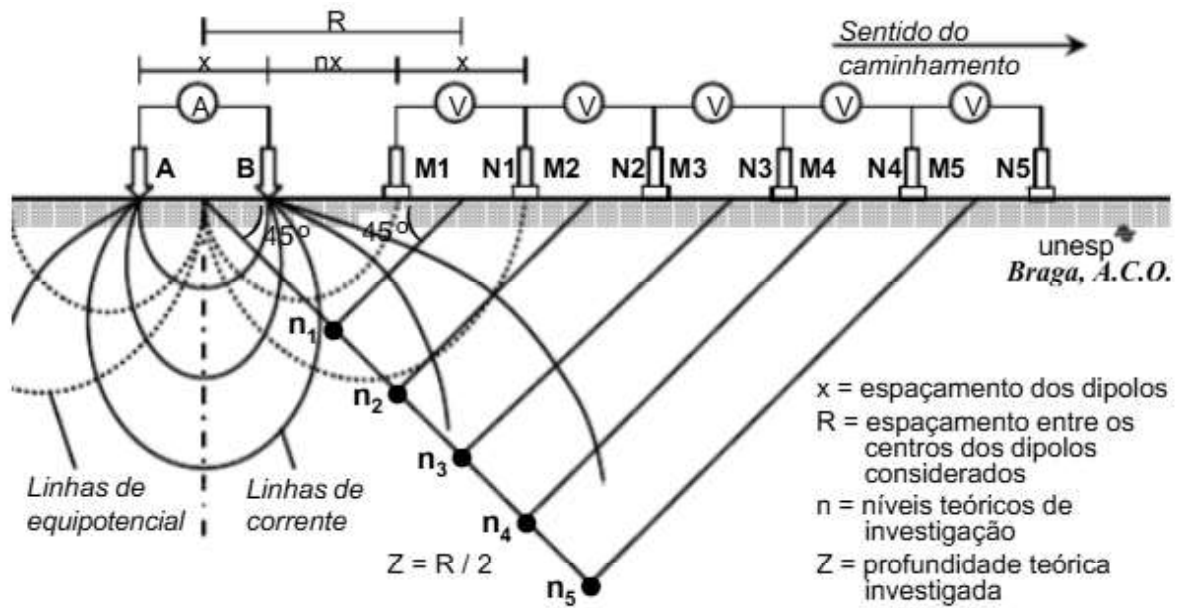
Figura 26 - Resistivímetro elétrico da marca Syscal Pro, com resolução de 1 mV, fabricado na França pela IRIS, de propriedade da Universidade Federal do Pampa (Unipampa), Campus Caçapava do Sul, RS.



Fonte: Arquivo pessoal.

Para o estudo, foi adotada a técnica do caminhamento elétrico, arranjo dipolo-dipolo, com espaçamento constante entre os eletrodos, de 1,5 m, distribuídos em uma linha de 60 metros. Nesse arranjo, de acordo com Braga (2016), os eletrodos alinhados em uma mesma direção com espaçamento, pode-se utilizar simultaneamente vários dipolos de recepção dispostos ao longo do sentido de aquisição dos dados, sendo que cada dipolo corresponde a um nível de investigação (Figura 27).

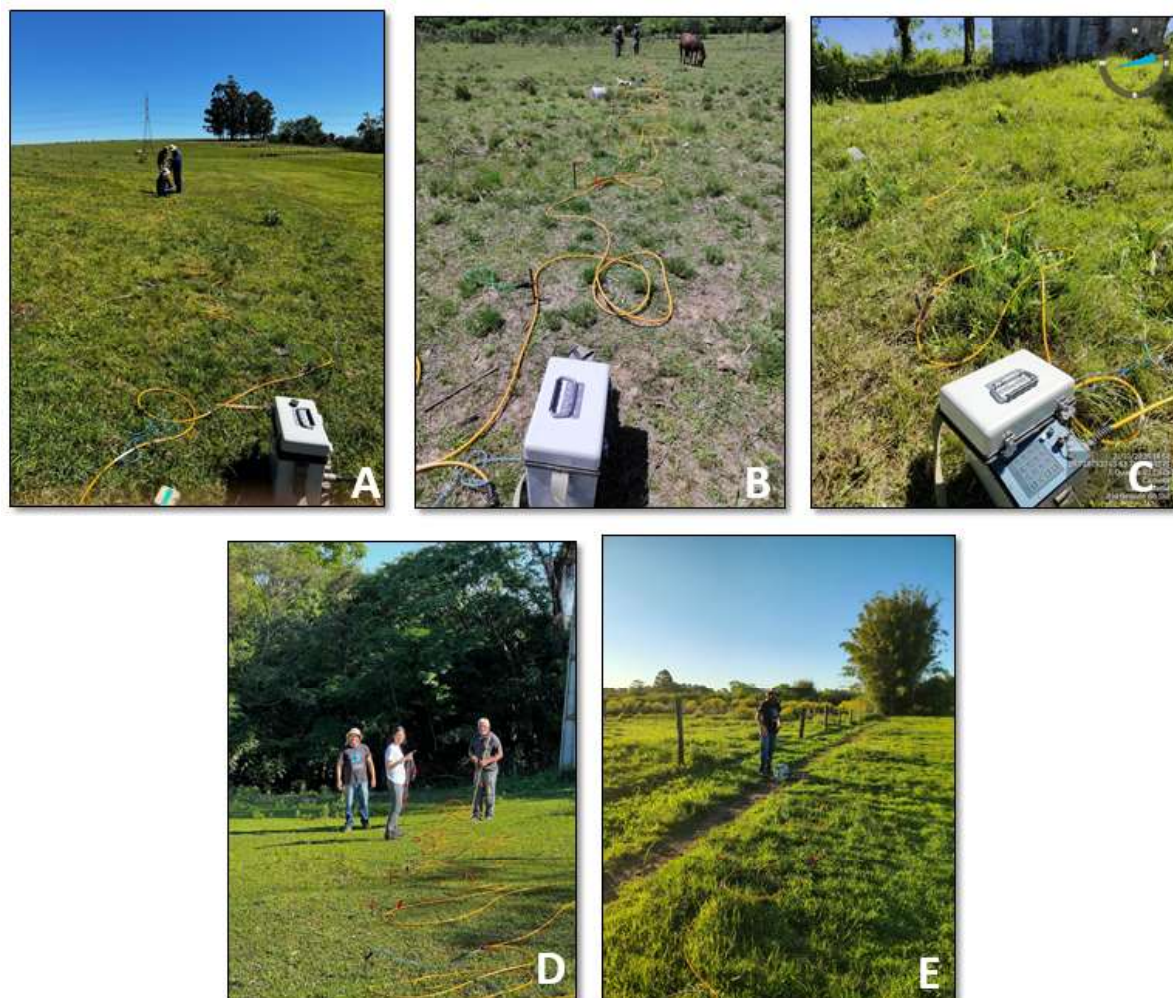
Figura 27 - Arranjo Dipolo-Dipolo, Caminhamento Elétrico.



Fonte: Braga (2006 p.39).

Após a aquisição dos dados a campo, conforme registro fotográfico apresentado na figura 28, foi realizado o processamento de dados, adotando o *software* RES2DINV, que compreende um programa que importa os dados, permite correção, processa e gera imagem da resistividade medida ao longo do traçado.

Figura 28 - Registro fotográfico do levantamento geofísico executado em cada área: (A) área que abrange a Formação Santa Maria - Membro Passo das Tropas; (B) área que abrange os Depósitos Aluvionares; (C) área que abrange a Formação Santa Maria - Membro Alemoa; (D) área que abrange a Formação Caturrita; e (E) área que abrange a Formação Sanga do Cabral.



Fonte: Arquivo pessoal.

5 RESULTADOS

5.1 AQUISIÇÃO DE DADOS SECUNDÁRIOS E VISITA TÉCNICA

Nesse período de aquisição de dados secundários e visitas técnicas, foi possível obter 56 relatórios, incluídos nesses, informações obtidas através de visitas realizadas em obras e em edificações já concluídas; sendo que um dos relatórios obtidos abrangeu mais de uma área, em diferentes unidade litoestratigráfica. No anexo 5, está apresentada a tabela geral com as principais informações coletadas: número do relatório/área; unidade litoestratigráfica a que pertence a área; resumo do laudo ou descrição de relato obtido; sondagem ou ponto

geral; profundidade da sondagem ou profundidade máxima de interferência e nível da água em metros quando identificado (N.A.).

Agrupando esses dados por unidades litoestratigráficas, obteve-se dados de dez áreas na Formação Santa Maria - Membro Passo das Tropas; 30 áreas na Formação Santa Maria - Membro Alemoa; 16 áreas na Formação Caturrita; uma área na Formação Botucatu; uma área em Depósitos Aluvionares.

Na Formação Santa Maria - Membro Passo das Tropas, informações de dez áreas foram coletadas, dessas, nove identificaram nível de água. No quadro 8, está apresentado o resumo dos dados coletados dessa Formação/Membro, onde é possível observar o número de identificação do relatório/obra/edificação (área), a profundidade média investigada, a profundidade máxima investigada, a profundidade média do nível de água, quando identificado, a quantidade total de sondagens realizadas em cada área e a de sondagens que não identificaram nível de água.

Quadro 8- Resumo das informações obtidas nas áreas que pertencem à Formação Santa Maria - Membro Passo das Tropas.

| | Área | Profundidade média investigada (m) | Profundidade máxima investigada (m) | Profundidade média do N.A. (m) | Quantidade de sondagens | Quantidade de sondagens sem água | Obs.: | |
|--|------|------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|-------------------------|----------------------------------|-------|----|
| Formação Santa Maria – Membro Passo das Tropas | 3 | 7,1 | 7,1 | 5,6 | 3 | 0 | | |
| | 6 | 9,4 | 9,5 | 1,8 | 6 | 0 | | |
| | 14 | 7,8 | 11 | 2,5 | 6 | 0 | | |
| | 36 | 3 | 3,3 | 3,0 | 20 | 19 | * | |
| | 38 | 5,2 | 7 | 2,6 | 6 | 2 | | |
| | 52 | 7 | | 5,0 | | | | * |
| | | 16 | | 10,0 | | | | ** |
| | 54 | 6 | 6 | 8,0 | 3 | 3 | * | |
| | 56 | 2,6 | 4,6 | 1,9 | | | * | |
| | 37 | 3 | 3 | | 5 | 5 | | |
| 39 | 2,8 | 2,8 | 1,7 | 9 | 0 | | | |

*36 - Somente uma sondagem atingiu nível de água

* 52 - Estacas para contenção e escavação

**52 - Perfuração para pilares

*54 - As sondagens foram feitas com 6 metros de profundidade e não atingiram água. Mas as estacas pilar de 8 metros de profundidade, atingiram água e tiveram que realizar bombeamento

* 56 - Pontos com água na sondagem da obra de travessia urbana

Fonte: Elaboração própria.

- Na área 3 foram realizadas três sondagens a uma profundidade média investigada de 7,1 metros, sendo o nível de água identificado a uma profundidade média de 5,6 metros.

- Na área 6 foram realizadas seis sondagens a uma profundidade média investigada de 9,4 metros, sendo o nível de água identificado a uma profundidade média de 1,8 metros.
- Na área 14 foram realizadas seis sondagens a uma profundidade média investigada de 7,8 metros, sendo o nível de água identificado a uma profundidade média de 2,5 metros.
- Na área 36 foram realizadas 20 sondagens a uma profundidade média investigada de 3 metros, sendo que somente uma identificou nível de água à uma profundidade de 3 metros.
- Na área 38 foram realizadas seis sondagens a uma profundidade média investigada de 5,2 metros, sendo que quatro delas apresentaram nível de água à uma profundidade média de 2,6 metros.
- Na área 52 não se obteve o laudo geológico ou relatório de ensaio SPT, mas foi possível realizar uma visita na área no dia 29 de agosto de 2025 e acompanhar a perfuração do solo para instalação de pilares; além da obtenção de informações com o mestre de obras e funcionários, o qual relataram as seguintes situações:
 - A primeira interferência no subsolo foi de 7 metros abaixo do nível natural do terreno, na colocação de estacas justapostas para contenção. Quando foi feita a perfuração para a colocação das estacas de contenção, a água começou a verter do arenito, já a partir do terceiro metro perfurado. Após a instalação da contenção, foi feita a escavação, retirando o material; e nessa fase foi preciso drenar o terreno. Foi feito um poço escavado com 4 metros de profundidade e com 2,20 metros de largura, além de canaletas em volta do terreno para direcionar a água até esse poço escavado que possui uma bomba para retirar a água e direcioná-la à rede pluvial. Segundo o relato, desde que a obra começou, o poço nunca secou, sempre tem água, independente de chover ou não, pois a água verte das paredes da escavação, sendo necessário bombear a água no mínimo duas vezes ao dia (manhã e tarde). O registro fotográfico apresentado na figura 29, ilustra essa situação relatada e observada *in loco* no dia 29 de agosto de 2025.

Figura 29 - Registro fotográfico da área 52, obtido no dia 29 de agosto de 2025. Ilustra: (A) escavação de 7 metros com estacas justapostas colocadas para contenção, circulado o local onde está o poço escavado que possui uma bomba para retirar a água e direcioná-la À rede pluvial; (B) detalhe do poço escavado; (C) detalhe da parede da escavação, arenito exposto, com água vertendo; (D) canaletas feitas em volta do terreno escavado, que direcionam a água até o poço escavado.



Fonte: Arquivo pessoal.

- A segunda interferência realizada nessa obra, ocorreu a partir dessa escavação de 7 metros, na perfuração de 16 metros para a instalação de pilares. De acordo com relato do funcionário que estava realizando as perfurações, ao chegar perto dos 10 metros de profundidade, o nível de água era novamente interceptado. E destaca-se que na base da escavação dos 7 metros, ocorreu o contato do arenito com siltito maciço. O registro fotográfico apresentado na figura 30 e 31, ilustra essa situação relatada e observada *in loco* no dia 29 de agosto de 2025.

Figura 30 - Registro fotográfico da área 52, obtido no dia 29 de agosto de 2025, mostrando o contato entre o arenito com o argilito na primeira escavação dos 7 metros. (A) a linha vermelha identifica o contato da parede da escavação com a base da escavação; sendo “a” as estacas justapostas para contenção do arenito identificado em “b”; e “c” argilito na base. (B) detalhe do argilito.



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 31 - Registro fotográfico da área 52, obtido no dia 29 de agosto de 2025. Ilustra: (A) perfuração para a instalação de pilares a partir da base da escavação dos 7 metros; e (B) detalhe da perfuração do argilito.

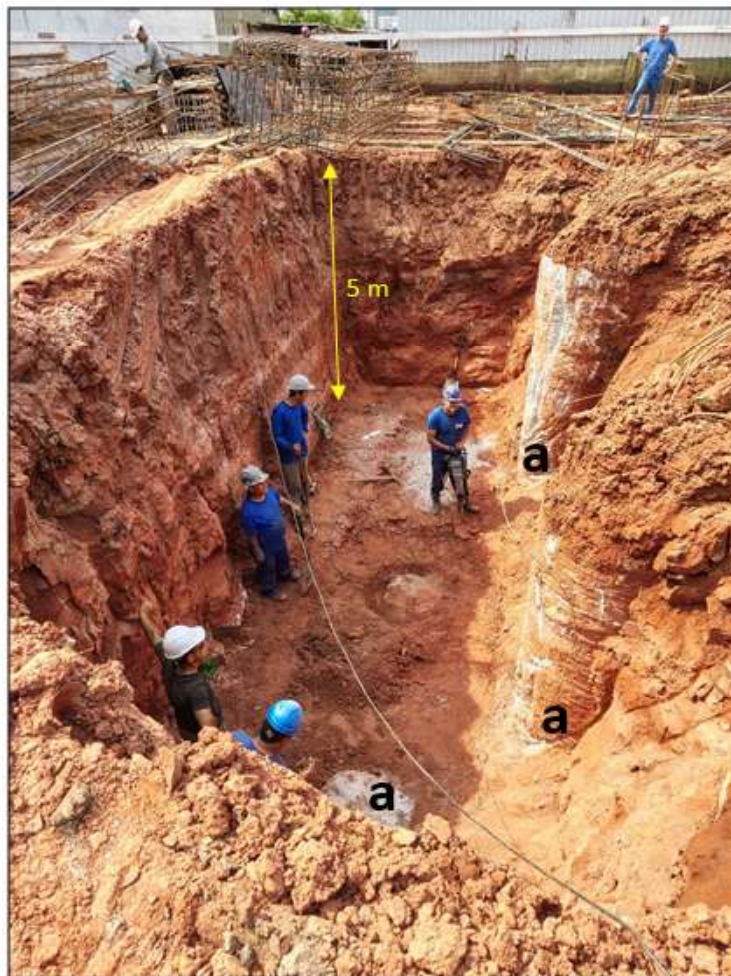


Fonte: Arquivo pessoal.

- Essa obra está ocorrendo para a construção de uma edificação residencial que terá garagem subsolo até os sete metros (já escavados). Segundo relato do mestre de obras, o poço que está sendo direcionado às águas por canaleta e que de lá bombeiam a água para fora do canteiro de obras, continuará existindo após a conclusão da obra, na própria garagem da edificação. Solicitou-se vistas neste projeto de drenagem e bombeamento, mas informaram que não há, o processo está sendo decidido e executado diretamente no canteiro de obras, conforme é verificada a necessidade.
- Na área 54 foram realizadas três sondagens SPT à uma profundidade máxima de 6 metros e não foi identificado presença de nível de água. Além da obtenção do relatório do ensaio SPT, no dia 18 de setembro de 2025, foi possível realizar uma visita na obra e obter informações com o funcionário, que relatou a seguinte situação:

- As sondagens foram feitas até uma profundidade de 6 metros e não identificaram água. No entanto, as estacas pilares, são mais profundas, tiveram que atingir 8 metros de profundidade e acabaram encontrando água em algumas perfurações. E para a concretagem, foi necessário bombear a água nesse momento da obra. Mas, como o subsolo da edificação e o poço do elevador não vão chegar nessa profundidade, (foram só as estacas pilares mais profundas), não será necessário bombeamento permanente de água no empreendimento para poder viabilizar a garagem; será feito somente um dreno pluvial por gravidade, ao redor do terreno. O registro fotográfico apresentado na figura 32, ilustra essa situação relatada e observada *in loco* no dia 18 de setembro de 2025.

Figura 32 - Registro fotográfico da área 54, obtido no dia 18 de setembro de 2025. Identifica algumas estacas pilares que chegam a até 8 metros de profundidade (a); e escavação de 5 metros sem presença de água.



Fonte: Arquivo pessoal.

- A área 56 representa um projeto de extensão maior na cidade, que abrange diversas formações, portanto, essa numeração de área se repete em mais de uma situação, pois são dados coletados de projeto de uma estrada de travessia urbana. Nesse caso, foram registradas somente as sondagens que identificaram nível de água; e para a Formação Santa Maria - Membro Passo das Tropas, foram em cinco locais ensaiados, cuja profundidade média do nível de água foi de 1,9 metros.
- Na área 37 foram realizadas cinco sondagens a uma profundidade de 3 metros, sem nível de água identificado.
- Na área 38 foram realizadas nove sondagens a uma profundidade média investigada de 2,8 metros, apresentaram nível de água à uma profundidade média de 1,6 metros;

Na Formação Santa Maria - Membro Alemoa, informações de 30 áreas foram coletadas, dessas, 20 áreas identificaram nível de água. No quadro 9, está apresentado o resumo dos dados coletados dessa Formação/Membro, onde é possível observar o número de identificação do relatório/obra/edificação (área), a profundidade média investigada, a profundidade máxima investigada, a profundidade média do nível de água quando identificado, a quantidade total de sondagens realizadas em cada área e a quantidade de sondagens que não identificaram nível de água.

Quadro 9 - Resumo das informações obtidas nas áreas que pertencem à Formação Santa Maria - Membro Alemoa.

| | Área | Profundidade média investigada (m) | Profundidade máxima investigada (m) | Profundidade média do N.A. (m) | Quantidade de sondagens | Quantidade de sondagens sem água | Obs.: |
|--------------------------------------|------|------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|-------------------------|----------------------------------|-------|
| Formação Santa Maria – Membro Alemoa | 5 | 6,4 | 7,1 | 2,2 | 4 | 0 | |
| | 7 | 10,9 | 13,1 | 4,4 | 3 | 0 | |
| | 11 | 8,1 | 8,1 | | 2 | 2 | |
| | 13 | 8,1 | 8,2 | 1,5 | 4 | 0 | |
| | 15 | 8,4 | 10,2 | 1,2 | 12 | 1 | |
| | 16 | | | | | | |
| | 17 | 1,5 | 1,6 | 1,5 | 24 | 0 | |
| | 18 | 0,8 | 1,5 | 0,6 | 13 | 0 | |
| | 22 | 8,1 | 10,1 | 2,8 | 3 | 0 | |
| | 24 | 3 | 5 | 2,0 | 7 | 1 | |
| | 21 | 3,8 | 3,8 | | 8 | 8 | * |
| | 31 | 4,9 | 5,4 | 3,0 | 20 | 0 | |
| | 35 | 10,1 | 10,2 | 3,1 | 4 | 0 | |
| | 42 | 6 | 6 | 2,5 | | 0 | * |
| | 44 | 4,4 | 4,4 | 4,0 | 6 | 2 | |
| | 46 | 11 | 11,5 | 0,5 | 4 | 0 | |
| | 49 | 5 | 5 | 1,0 | | 0 | * |
| | 50 | 10,15 | 10,15 | 3,0 | 2 | 0 | |
| | 51 | 4 | 4 | 4,0 | | 0 | * |
| | 53 | 2,5 | 2,9 | 1,8 | 6 | 0 | |
| | 55 | | | 3,0 | | | * |
| | 26 | | | *raso | | | * |
| | 27 | 6 | 6 | | 1 | 1 | * |
| | 28 | 3 | 3,2 | | 5 | 5 | * |
| 30 | 4 | 4 | | 12 | 12 | * | |
| 32 | 3 | 3 | | 18 | 18 | | |
| 34 | 3 | 3 | | 4 | 4 | | |
| 45 | 3 | 3,3 | | 3 | 3 | | |
| 10 | 4 | 5,15 | | 2 | 2 | | |
| 56 | 2,15 | 3,3 | 1,5 | 16 | | * | |

*21-Laudou indicou sem nível de água, mas descreveu material argiloso de consistência mole

*42 - Sem laudo, mas visitou-se a obra e foram feitos vários furos para pilares de residência

*49 - Sem laudo, mas visitou-se a obra foram feitos vários furos para pilares de depósito

*51 - Sem laudo, mas visitou-se a obra e foram feitos vários furos para fazer muro de contenção

*55 - Prédio antigo, sem laudo, mas visitou-se e há uma cisterna que acumula a água drenada do subsolo

*26 - Laudo geológico somente com uma descrição geral: "próximo da calha do Arroio Cancela, lençol freático raso. Localmente podem ter flutuações na profundidade do nível de água, pouca resistência a fundações, exigindo-as profundas".

*27 - Laudo geológico geral, mas sem indicar nível de água

*28 - Laudo indicou sem presença de nível d'água, mas descreveu material argiloso de consistência mole

*30 - Laudo indicou sem presença de nível d'água, mas descreveu material argiloso de consistência mole

*56 - Um laudo com vários pontos de sondagem da obra de travessia urbana

Fonte: Elaboração própria.

- Na área 5 foram realizadas quatro sondagens a uma profundidade média investigada de 6,4 metros, sendo o nível de água identificado a uma profundidade média de 2,2 metros.
- Na área 7 foram realizadas três sondagens a uma profundidade média investigada de 10,9 metros, sendo o nível de água identificado a uma profundidade média de 4,4 metros.

- Na área 11 foram realizadas duas sondagens a uma profundidade de 8,1 metros, sem nível de água identificado.
- Na área 13 foram realizadas quatro sondagens a uma profundidade média investigada de 8,1 metros, sendo o nível de água identificado a uma profundidade média de 1,5 metros.
- Nas áreas 15 e 16, que são áreas contíguas, foram realizadas 12 sondagens, sendo que somente uma sondagem não apresentou água. A profundidade média de investigação foi de 8,4 metros, sendo que o nível de água encontrado foi na média de 1,2 metros de profundidade.
- Na área 17 foram realizadas 24 sondagens a trado manual, com profundidade média investigada de 1,5 metros, sendo o nível de água identificado a uma profundidade média de 1,5 metros.
- Na área 18 foram realizadas 13 sondagens a trado manual, com profundidade média investigada de 0,8 metros, sendo o nível de água identificado a uma profundidade média de 0,6 metros.
- Na área 22 foram realizadas três sondagens com profundidade média investigada de 8,1 metros, sendo o nível de água identificado a uma profundidade média de 2,8 metros.
- Na área 24 foram realizadas sete sondagens com profundidade média investigada de 3 metros, sendo o nível de água identificado a uma profundidade média de 2 metros.
- Na área 21 foram realizadas oito sondagens a trado manual, com profundidade média investigada de 3,8 metros, sem nível de água identificado, mas descrição de material argiloso de consistência mole.
- Na área 31 foram realizadas 20 sondagens com profundidade média investigada de 4,9 metros, sendo o nível de água identificado a uma profundidade média de 3 metros.
- Na área 35 foram realizadas quatro sondagens com profundidade média investigada de 10,1 metros, sendo o nível de água identificado a uma profundidade média de 3,10 metros.
- Na área 42 não foi realizado laudo geológico ou ensaio SPT, mas foram realizados vários furos no terreno a uma profundidade de 5 à 6 metros, para colocação de pilares de uma residência. Nessa área, acompanhou-se uma etapa de perfuração para colocação de pilares no mês de agosto de 2025, além de obter informações com o mestre de obra, que relatou a seguinte situação:

- O nível de água aflorou de forma geral no terreno quando a perfuração de pilares chegou a 2,5 metros de profundidade. Está sendo construída uma edificação residencial e não haverá subsolo, mas a fim de evitar umidade em excesso nas paredes e pisos da casa, devido o nível de água ser pouco profundo, foi necessário instalar em volta do terreno um dreno com 2,5 metros de profundidade. O registro fotográfico apresentado na figura 33, ilustra essa situação relatada e observada *in loco*, onde a perfuratriz rotativa retira material argiloso compacto, a água verte dentro do furo e o mesmo é imediatamente concretado para a colocação das ferragens dos pilares, visto o rápido enchimento do furo pela água e instabilidade das paredes do furo.

Figura 33 - Registro fotográfico da área 42, obtido no dia 08 de agosto de 2025. Ilustra: (A) perfuratriz rotativa retirando material argiloso e compacto; (B) detalhe do material retirado, consistência argilosa úmida; (C) furo vertendo água em 2,5 metros de profundidade logo após a perfuração; (D) concretagem do furo sendo feita; (E) água vertendo rapidamente e enchendo o furo; (F) caixa de inspeção do dreno feito em volta do terreno com profundidade de 2,5 m e com água.



Fonte: Arquivo pessoal.

- Na área 44 foram realizadas seis sondagens com profundidade média investigada de 4,4 metros, sendo que em quatro sondagens o nível de água foi identificado a uma profundidade média de 4 metros.
- Na área 46 foram realizadas quatro sondagens com profundidade média investigada de 11 metros, sendo o nível de água identificado a uma profundidade média de 0,5 metros.
- Na área 49, não foi realizado laudo geológico ou ensaio SPT, mas foram realizados vários furos no terreno a uma profundidade máxima de 5 metros para instalação de pilares de uma edificação comercial. Foi possível acompanhar essa etapa da obra no mês de agosto de 2025, além de obter informações com o mestre de obras e engenheiro civil responsável, conforme relato:
 - Na profundidade de 1 metro, houve a presença de água e solo muito mole, sendo necessário usar uma broca de perfuratriz maior, com diâmetro de 2 metros, de forma que fosse possível inserir um anel de concreto para que a parede e boca furo não desmoronassem. Após a colocação do anel de concreto, a perfuração continuou com broca menor, adequada ao pilar, até uma profundidade final de 5 metros. A cimentação teve que ocorrer instantaneamente após a perfuração final, visto o risco de desmoronamento e enchimento rápido do furo com água. Segundo o engenheiro civil responsável pela obra, a edificação será um pavilhão térreo, sem subsolo, portanto, sem necessidade de retirada permanente de água. O registro fotográfico apresentado na figura 34, ilustra essa situação relatada e observada *in loco*.

Figura 34 - Registro fotográfico da área 49, obtido no dia 27 de agosto de 2025. Ilustra: (A) perfuração inicial do solo; (B) colocação do anel de concreto (C) anel de concreto no furo inicial; (D) continuação da perfuração dentro do anel de concreto, com broca menor; (E) furo até a profundidade desejada; (F) (G) rápida subida do nível da água e desmoronamento das paredes do buraco; (H) (I) necessidade de rápida colocação da ferragem do pilar e concretagem.



Fonte: Arquivo pessoal.

- Na área 50 foram realizadas duas sondagens com profundidade média investigada de 10,15 metros, sendo o nível de água identificado a uma profundidade média de 3 metros. Foi possível realizar uma visita na obra, no dia 29 de setembro de 2025, cujo relato do empreendedor, foi de que:
 - A garagem subsolo está de 2,5 à 3 metros de desnível em relação a frente do prédio, e logo que começaram as escavações, houve afloramento de água, que começou a se espalhar pela obra e ir em direção ao terreno vizinho, causando problemas de umidade e alagamento na garagem lindeira. Foi necessário realizar bombeamento de água nessa fase, para diminuir os problemas com o vizinho e na própria obra; e a situação só estabilizou quando foram instalados muitos drenos nas laterais e no meio da obra, de forma a captar essas águas espalhadas, direcionando-as por gravidade para uma canaleta principal central que deságua na rua existente nos fundos da obra. Esses drenos ficaram abaixo do pavimento do subsolo, já concretado e estão constantemente liberando água na

sarjeta. Destaca-se que no dia da visita na obra, foi solicitado ao responsável, a planta desse sistema relatado, mas o mesmo informou que não há projeto, foi uma decisão tomada no canteiro de obras. O registro fotográfico apresentado na figura 35, ilustra essa situação relatada e observada *in loco*.

Figura 35 - Registro fotográfico da área 50, obtido no dia 29 de setembro de 2025. Ilustra: (A) garagem subsolo, com destaque das caixas de inspeção do dreno principal que existe no meio da garagem, que coleta as águas dos demais drenos laterais, espalhados abaixo do pavimento; (B) Vista interna da caixa, com canos e fluxo de água; (C) Vista interna da caixa de inspeção, que direciona a água por gravidade para fora da garagem; (D) vista dos canos que liberam a água na sarjeta.



Fonte: Arquivo pessoal.

- Na área 51 não foi realizado laudo geológico ou ensaio SPT; foram somente realizados vários furos a uma profundidade máxima de 4 metros para instalação de um muro de contenção. Foi possível acompanhar a fase de perfuração no mês de agosto, além de obter informações com o mestre de obras e com o operador da perfuratriz rotativa, conforme relato:
 - O muro de uma residência desabou e foi necessário fazer contenção. Havia um açude ao lado da residência que teve que ser drenado para

reduzir a umidade do solo, que é muito mole e instável. Quando a perfuração atingiu 4 metros, interceptou o nível de água, sendo necessário concretar imediatamente após a abertura do furo, visto o desabamento das paredes do furo e a subida rápida do nível de água. O registro fotográfico apresentado na figura 36, ilustra essa situação relatada e observada *in loco*.

Figura 36 - Registro fotográfico da área 51, obtido no dia 29 de agosto de 2025. Ilustra: (A) residência que precisa de muro de contenção, com pilares expostos; (B) perfuração do solo sendo realizada; (C) furo de 4 metros pronto; (D) água começando a verter no fundo do furo; (E) colocação imediata da armação de ferro no furo antes de aumentar o nível da água (F) cimentação na sequência, antes do desmoronamento do furo.



Fonte: Arquivo pessoal.

- Na área 53 foram realizadas seis sondagens com profundidade média investigada de 2,5 metros, sendo o nível de água identificado a uma profundidade média de 1,8 metros.
- Na área 55 existe uma edificação já pronta, com garagem subsolo, onde é possível observar diariamente água sendo liberada na sarjeta; e em visita realizada no dia 23 de setembro de 2025, um morador apresentou seu relato conforme segue descrição:

- Na garagem subsolo, que possui desnível de 3 metros em relação a cota da rua, possui duas caixas/cisternas enterradas a 1,80 m, interligadas, que acumulam as águas que são originadas dos drenos que ficam embaixo do pavimento da garagem. Esses drenos enterrados ficam embaixo do concreto, não sendo possível visualizá-los, mas são interligados e fazem com que a água se concentre nas cisternas, que possuem bomba submersa que é ligada automaticamente duas vezes por dia em período sem chuva. Segundo relato do morador, quando está chovendo, o bombeamento é constante, pois acumula muita água e pode transbordar; relatou que em 1996 a bomba estragou e a água chegou no parachoque do seu veículo que estava na garagem. Atualmente existem duas bombas, a fim de evitar esse tipo de problema caso ocorra o mal funcionamento de uma delas. O registro fotográfico apresentado na figura 37, ilustra essa situação relatada e observada *in loco*.

Figura 37 - Registro fotográfico da área 55, obtido no dia 23 de setembro de 2025. Ilustra: (A) frente da garagem subsolo, com destaque da tubulação na sarjeta; (B) garagem subsolo com destaque onde ficam as caixas/cisternas que armazenam as águas que vem dos drenos existentes embaixo do pavimento; (C) uma das cisterna aberta; (D) vista do interior da cisterna, com água e com canos das bombas submersas; (E) vista interna da casa de máquinas com dois motores para ligar a bomba submersa que existe na cisterna.



Fonte: Arquivo pessoal.

- Na área 26, o laudo geológico só fez uma descrição geral da área, informando que por ser próximo da calha do arroio Cancela o lençol freático é raso e localmente podem ter flutuações na profundidade do nível de água em períodos chuvosos nas cotas mais baixas; e que apresenta pouca resistência a fundações, exigindo-as profundas.
- Na área 27 foi realizada uma sondagem com profundidade de 6 metros, sem presença de água.
- Na área 28 foram realizadas cinco sondagens com profundidade média investigada de 3 metros, sem indicar presença de água subterrânea, mas descreveu ser material argiloso de consistência mole.
- Na área 30 foram realizadas 12 sondagens com profundidade média investigada de 4 metros, sem indicar presença de água subterrânea, mas descreveu ser material argiloso de consistência mole.
- Na área 32 foram realizadas 18 sondagens com profundidade média investigada de 3 metros, sem presença de água.
- Na área 34 foram realizadas quatro sondagens com profundidade média investigada de 3 metros, sem presença de água.
- Na área 45 foram realizadas três sondagens com profundidade média investigada de 3 metros, sem presença de água.
- Na área 10 foram realizadas duas sondagens com profundidade média investigada de 4 metros, sem presença de água.
- A área 56, representa um projeto de extensão maior na cidade, que abrange diversas formações, portanto, a numeração se repete em mais de uma situação, pois são dados coletados de projeto de uma estrada de travessia urbana. Nesse caso, foram registradas somente as sondagens que identificaram nível de água; e para a Formação Santa Maria - Membro Alemoa, foram em 16 locais ensaiados, cuja profundidade média do nível de água foi de 1,5 metros.

Na Formação Caturrita, informações de 16 áreas foram coletadas, dessas, 12 áreas identificaram nível de água. No quadro 10, está apresentado o resumo dos dados coletados dessa Formação, onde é possível observar o número de identificação do relatório/obra/edificação (área), a profundidade média investigada, a profundidade máxima investigada, a profundidade média do nível de água quando identificado, a quantidade total de sondagens realizadas em cada área e a de sondagens que não identificaram nível de água.

Quadro 10 - Resumo das informações obtidas nas áreas que pertencem à Formação Caturrita.

| | Área | Profundidade média investigada (m) | Profundidade máxima investigada (m) | Profundidade média do N.A. (m) | Quantidade de sondagens | Quantidade de sondagens sem água | Obs.: |
|--------------------|------|------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|-------------------------|----------------------------------|-------|
| Formação Caturrita | 1 | 7,8 | 8,11 | 1,0 | 3 | 0 | |
| | 2 | 6,7 | 7,3 | 3,1 | 6 | 0 | |
| | 4 | 7 | 7,1 | 7,0 | 4 | 3 | |
| | 8 | 14,8 | 15,8 | 4,1 | 9 | 0 | |
| | 9 | 8 | 8,15 | | 3 | 3 | |
| | 12 | 6,5 | 8,1 | 1,3 | 3 | 0 | |
| | 19 | 10 | 10,05 | | 3 | 3 | |
| | 20 | 6,25 | 6,45 | 1,0 | 3 | 0 | |
| | 23 | 9,15 | 10,15 | 6,3 | 3 | 1 | |
| | 25 | 1,2 | 1,5 | 1,0 | 4 | 1 | |
| | 29 | 4 | 4,74 | | 5 | 5 | |
| | 40 | | 3,5 | | 8 | 8 | |
| | 41 | 9,4 | 10,15 | 2,4 | 4 | 0 | |
| | 43 | 6 | 6 | 4,0 | | | * |
| | 47 | 18,3 | 20,1 | 8,8 | 6 | 4 | |
| 48 | | | 13,9 | | | * | |

*43- Sem laudo, mas visitei a obra e foram feitos vários furos para muro de contenção e pilares; com bombeamento d'água

*48 - Sem laudo, mas visitei o prédio, há bombeamento d'água

Fonte: Elaboração própria.

- Na área 1 foram realizadas três sondagens com profundidade média investigada de 7,8 metros, sendo o nível de água identificado a uma profundidade média de 1 metro.
- Na área 2 foram realizadas seis sondagens com profundidade média investigada de 6,7 metros, sendo o nível de água identificado a uma profundidade média de 3,1 metros.
- Na área 4 foram realizadas quatro sondagens com profundidade média investigada de 7 metros, sendo o nível de água identificado somente em uma das sondagens, a uma profundidade de 7 metros.
- Na área 8 foram realizadas nove sondagens com profundidade média investigada de 14,8 metros, sendo o nível de água identificado a uma profundidade média de 4,1 metros.
- Na área 9 foram realizadas três sondagens com profundidade média investigada de 8 metros, sem presença de água.
- Na área 12 foram realizadas três sondagens com profundidade média investigada de 6,5 metros, sendo o nível de água identificado a uma profundidade média de 1,3 metros.
- Na área 19 foram realizadas três sondagens com profundidade média investigada de 10 metros, sem presença de água. Cabe destacar que nessa área está sendo

implantada uma edificação vertical com garagem subsolo e foi possível realizar uma visita na obra no dia 20 de maio de 2025 e obter informações com o mestre de obras e com o engenheiro civil responsável, conforme segue relato:

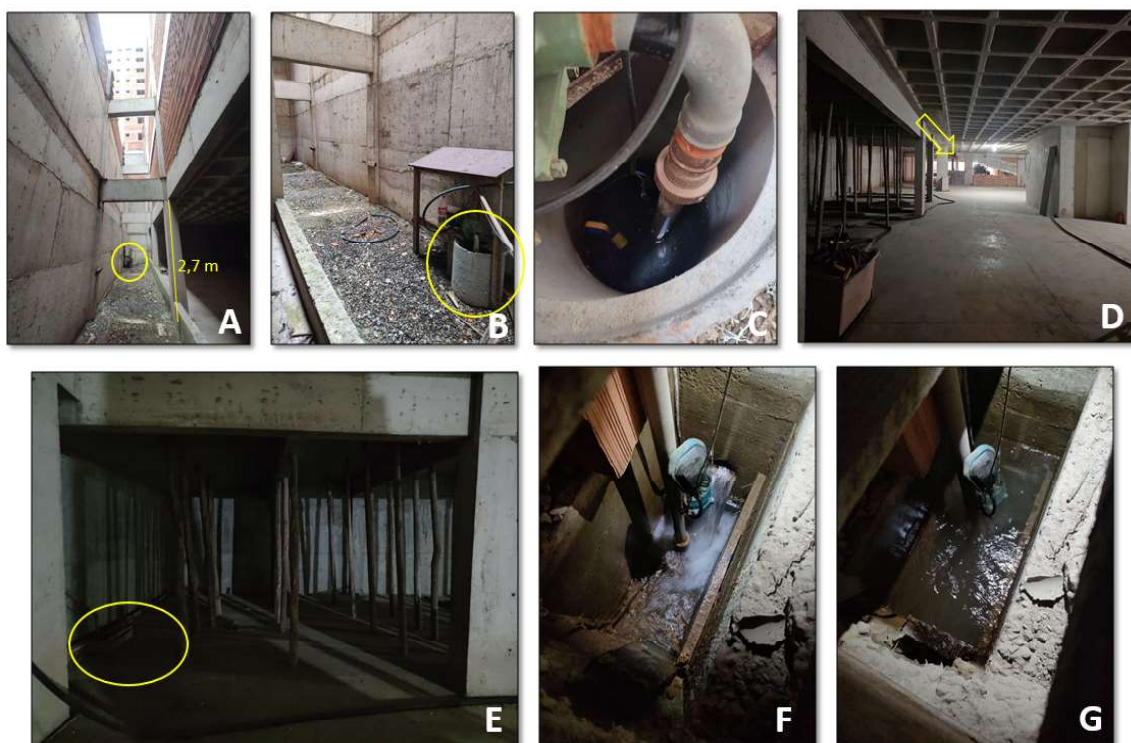
- As três sondagens realizadas até a profundidade de 10 metros, não interceptaram nível de água subterrânea, o material foi caracterizado como uma areia fina siltosa muito compacta. No entanto, na fase de escavação da área, em uma das divisas do terreno, foi necessário instalar drenos atrás da cortina de contenção (entre o terreno do vizinho e início do prédio), visto que, essa lateral apresentou água na escavação, sem saberem identificar a origem exata, se de infiltração do terreno vizinho, da rua ou de água presente no próprio subsolo. O tubo dreno instalado, coberto por manta bidim e brita, direciona a água para um ponto específico, que foi escavado em maior profundidade (2 metros), no qual foi instalado uma bomba submersa. Essa bomba, que fica à 7 metros de profundidade em relação a cota da rua (5 metros que foram escavados para fazer o subsolo, mais 2 metros de profundidade dos drenos), recalca as águas que se acumulam para uma caixa que fica localizada junto a uma das paredes da garagem subsolo. Essa caixa também recebe as águas de outros drenos que foram instalados abaixo do pavimento da garagem subsolo, para a retirada de águas de infiltração pluvial e evitar umidade (são drenos situados à 70 cm abaixo do nível das vigas). Na visita realizada na obra, não foi possível observar os drenos, pois já estavam enterrados, mas foi possível observar o poço existente no corredor que recalca as águas da lateral e a caixa que recebe essas águas antes de despejá-las, periodicamente, para a sarjeta da rua. Destaca-se que no dia da visita na obra, foi solicitado ao responsável, a planta desse sistema, mas o mesmo informou que não há projeto, foi uma decisão tomada no canteiro de obras. O registro fotográfico apresentado na figura 38, foi fornecido pelo mestre de obras e ilustra o dreno sendo instalado (já coberto pela manta bidim e brita), existente entre o terreno vizinho e a cortina de contenção da obra. O registro fotográfico apresentado na figura 39, ilustra a situação relatada e observada *in loco* no dia 20 de maio de 2025.

Figura 38 - Registro fotográfico da fase de instalação do dreno entre o terreno lindeiro e cortina de contenção da obra.



Fonte: Arquivo pessoal, fornecido pelo mestre de obras.

Figura 39 - Registro fotográfico da área 19, obtido no dia 20 de maio de 2025. Ilustra: (A) dreno já pronto, que fica no corredor em extensão lateral ao terreno (esse corredor fica do outro lado da cortina de contenção, entre o terreno vizinho e o início da edificação em obras); e em destaque, o ponto para onde as águas são direcionadas, o qual possui um poço com bomba para recalque; (B) Detalhe do poço com bomba de recalque no corredor; (C) vista de dentro da bomba de recalque; (D) Vista da garagem subsolo, indicado o local onde fica o corredor com drenos e com o poço de bomba para recalque; (E) ponta oposta da garagem subsolo, em destaque junto a parede, está a caixa que recebe as águas de recalque dos drenos do corredor; (F) Vista interna da caixa recebendo a água; (G) Vista interna da caixa com água, antes de esgotar a água, direcionando-a para a sarjeta da rua que fica em frente à edificação.



Fonte: Arquivo pessoal.

- Na área 20 foram realizadas três sondagens com profundidade média investigada de 6,25 metros, sendo o nível de água identificado a uma profundidade média de 1 metro. Cabe destacar que nessa área está sendo implantada uma edificação comercial e foi possível realizar uma visita na obra no dia 23 de maio de 2025 e obter informações com o mestre de obras e com o engenheiro civil responsável, conforme segue relato:
 - Nos ensaios de sondagem, observou-se presença intensa de água, já na boca do furo; e quando começaram a escavação do terreno e perfuração para a fundação, como havia muita umidade e instabilidade do solo, foi utilizada estaca encamisada (fundação

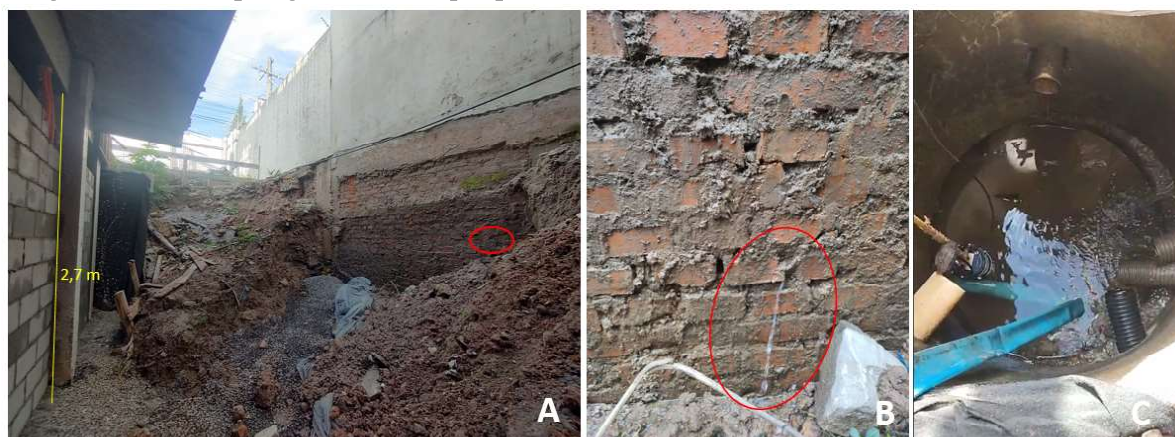
profunda revestida para evitar o desmoronamento do solo, facilitando a concretagem). Segundo o relato, em uma das divisas do terreno, há presença mais intensa de água, vertendo com mais intensidade pela área vizinha, sendo necessário instalar um dreno (bidin com brita drenante), tanto nessa lateral, como no meio do terreno, embaixo das vigas. Essa drenagem direciona as águas por gravidade até uma caixa instalada nos fundos da área, que possui uma bomba, para recalcar a água até um curso de água existente nos fundos do terreno. A bomba funciona diretamente, independente de ocorrer precipitação ou não, sendo acionada no mínimo três vezes ao dia, em tempo seco. Em períodos de precipitação, o acionamento da bomba é praticamente constante, para evitar alagamento do local. Na figura 40, pode-se observar o registro fotográfico fornecido pelo engenheiro responsável, ilustrando essa situação relatada. E na visita realizada na área no dia 23 de maio de 2025, foi possível observar a água que verte entre os tijolos de divisa abaixo da laje da edificação lindeira; e a caixa que recebe as águas drenadas por gravidade e que de lá, são bombeadas para fora da área; essas observações *in loco*, estão ilustradas na figura 41. No dia da visita, solicitou-se vistas do projeto desse sistema instalado, mas o engenheiro civil responsável, informou que não há, pois foi uma decisão tomada no canteiro de obras e diretamente executada; e também, relatou que esse bombeamento será *ad aeternum* para evitar acúmulo de água na pavimentação da edificação.

Figura 40 - Registro fotográfico da área 20, fornecido pelo engenheiro civil, ilustra: (A) fase de escavação, com afloramento de água, solo mole, instável; (B) fase de instalação dos drenos gerais do terreno; (C) vista da lateral do terreno com afloramento de água mais intenso; (D) drenos já enterrados na lateral do terreno, com destaque ao tubo de inspeção; (E) vista da lateral do terreno após a instalação completa do dreno, já com manta geotêxtil e brita.



Fonte: Arquivo pessoal - material fornecido pelo engenheiro civil responsável pela obra.

Figura 41 - Registro fotográfico da área 20, obtido no dia 23 de maio de 2025. Ilustra (A) divisa da obra com a edificação lindeira, com água vertendo dos tijolos abaixo da laje da edificação (em destaque circulado em vermelho, um ponto representado na foto B). (B) detalhe do tijolo, mostrando a água jorrando pelos buracos; (C) cisterna principal que recebe as águas drenadas por gravidade e que possui bomba submersa.



Fonte: Arquivo pessoal.

- Na área 23 foram realizadas três sondagens com profundidade média investigada de 9,15 metros, sendo o nível de água identificado em duas sondagens a uma profundidade média de 6,3 metros.
- Na área 25 foram realizadas quatro sondagens com profundidade média investigada de 1,2 metros, sendo o nível de água identificado em três sondagens a uma profundidade média de 1 metro.
- Na área 29 foram realizadas cinco sondagens com profundidade média investigada de 4 metros, sem presença de água.
- Na área 40 foram realizadas oito sondagens com profundidade média investigada de 3,5 metros, sem presença de água.
- Na área 41 foram realizadas quatro sondagens com profundidade média investigada de 9,4 metros, sendo o nível de água identificado a profundidade média de 2,4 metros. Cabe destacar que nessa área, atualmente há uma edificação residencial vertical com quatro garagens subsolo (em torno de 10 metros escavado). E no dia 12 de agosto de 2025 foi possível realizar uma visita nessa edificação e conversar com um funcionário, que relatou haver uma bomba de água embaixo da laje do último subsolo. De acordo com relato do funcionário: “está sempre bombeando água, todos os dias; e uma vez, quando a bomba estragou, a água subiu até o meio da caixa”. No registro fotográfico apresentado na figura 42, é possível observar a caixa de 2,43 metros e dentro percebe-se que se estende abaixo da laje do último subsolo, como uma galeria, onde há um sistema de bombeamento para retirar a água que se acumula e descarta na rede pluvial.

Figura 42- Registro fotográfico da área 41, obtido no dia 12 de agosto de 2025. Ilustra: (A) caixa relatada pelo funcionário; (B) vista dentro da caixa e em destaque local onde fica a bomba de água; (C) detalhe da bomba submersa dentro da caixa; (D) vista interna, mostrando a galeria que se estende abaixo da laje do último subsolo que drena as águas até a bomba.



Fonte: Arquivo pessoal.

- Na área 43 não foi realizado laudo geológico ou ensaio SPT, mas foram realizados vários furos a uma profundidade máxima de 6 metros para instalação de um muro de contenção e pilares para a instalação de uma edificação comercial. Foi possível acompanhar algumas perfurações no dia 12 de agosto de 2025, além de obter informações com o mestre de obras e engenheiro civil responsável, conforme segue relato:
 - Estão sendo realizados vários furos que devem chegar à 6 metros de profundidade; os furos iniciaram com a perfuratriz rotativa, mas a água começou a verter já a partir de 3,5 m e em alguns pontos em 4,5 m (em cota mais alta do terreno); e como é um material muito arenoso e friável, a perfuratriz rotativa não retira o material, que está saturado.

Então, a continuidade da perfuração é dada com o uso de broca tipo concha, para retirar o material com água. Atingindo a profundidade necessária, retira-se a água do buraco com uma bomba submersa e imediatamente se coloca o concreto, para não desmoronar. O empreendimento será um depósito com subsolo de 2,60 m, que será escavado após a contenção estar pronta; e como a água subterrânea está de 3,5 m à 4 m, não será necessário bombeamento permanente de água para viabilizar o subsolo. Não houve projeto ou estudo prévio sobre esse bombeamento de água, a decisão sobre essa execução foi tomada no canteiro de obras, conforme ocorreu a necessidade. O registro fotográfico apresentado na figura 43, ilustra essa situação relatada e observada *in loco* no dia 12 de agosto de 2025.

Figura 43 - Registro fotográfico da área 43, obtido no dia 12 de agosto de 2025. Ilustra: (A) o local onde será feita a perfuração para contenção antes da escavação, divisa com área vizinha; (B) perfuratriz rotativa iniciando a perfuração e com retirada de material seco; (C) perfuratriz rotativa atingindo o nível de água e em função de material arenoso e friável, não consegue retirar o material saturado; (D) trado tipo concha sendo usado para retirar o material com água; (E) visita do poço já perfurado, marcando nível de água em 3,5 m de profundidade; (F) detalhe interno do poço com água; (G) bomba submersa colocada no poço; (H) água do poço saindo pela mangueira que fica conectada à bomba submersa.



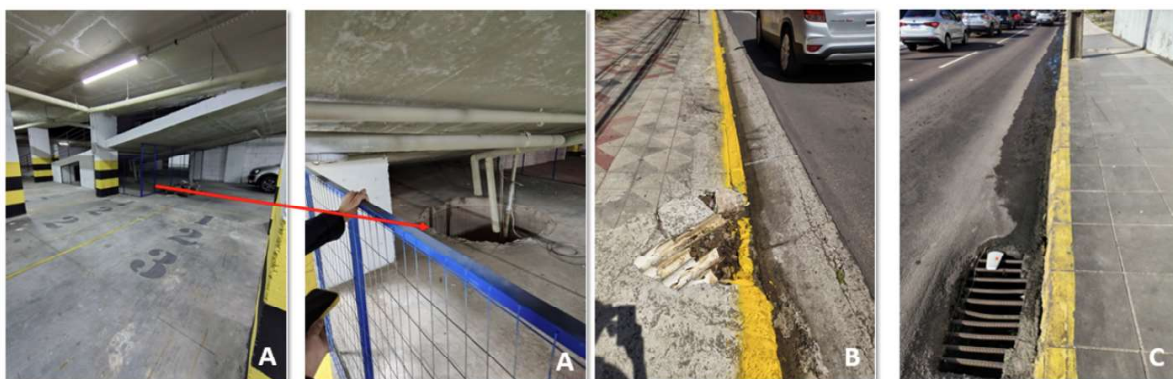
Fonte: Arquivo pessoal.

- Na área 47 foram realizadas seis sondagens com profundidade média investigada de 18,3 metros, sendo o nível de água identificado em duas sondagens, a profundidade

média de 8,8 metros. Destaca-se que nessa área, atualmente há uma edificação residencial vertical e foi possível visitar o prédio no dia 25 de agosto de 2025 e obter informações com a arquiteta e com o engenheiro civil responsáveis, conforme segue relato:

- O prédio tem subsolo, atingindo uma profundidade de 8,55 metros em relação ao nível da rua. Nesse nível de subsolo, existem redes de drenagem embaixo da laje que captam as águas que infiltram da rua e das laterais e encaminham por gravidade até uma cisterna que possui uma bomba submersa. A profundidade da cisterna é de 4 metros a partir do último pavimento; portanto a cisterna drena as águas de uma profundidade máxima de 12,55 metros. Solicitou-se vistas nesse projeto de sistema de drenagem relatado, mas o engenheiro civil responsável, informou que foi uma decisão tomada diretamente no canteiro de obras, não há projeto ou planta indicando o local das drenagens abaixo do pavimento do último subsolo e não há informações sobre a frequência de acionamento da bomba ou vazão de água que é descartada no pluvial. O registro fotográfico apresentado na figura 44, ilustra essa situação relatada, além da observação obtida, de que diariamente é perceptível presença de umidade na sarjeta após a tubulação que vem dessa edificação.

Figura 44 - Registro fotográfico da área 47, obtido no dia 25 de agosto de 2025. Ilustra: (A) garagem subsolo, último pavimento e nela um poço que fica em local cercado e cadeado (não conseguiu-se acesso para observar internamente ao poço), mas a partir dessa laje de subsolo, tem uma profundidade de 4 metros, de acordo com informações obtidas. (B) tubulação na calçada para onde a água bombeada é direcionada; (C) detalhe da sarjeta, mostrando o vestígio do fluxo de água após essa tubulação.



Fonte: Arquivo pessoal.

- Na área 48 não foi possível conseguir o laudo geológico ou ensaio SPT, mas foi realizada uma visita a edificação no mês de agosto e setembro de 2025, com obtenção de informações com o engenheiro civil responsável e com funcionários da edificação, conforme segue relato.
 - O prédio, atualmente parte em obras e parte já ocupado por moradores, possui três subsolos, sendo dois subsolos usados para garagens (S1, S2) e um subsolo (S3), usado para armazenamento de reservatórios de água potável, no qual possui um poço/cisterna, com profundidade de 2,5 m a partir do pavimento do último subsolo (S4). Esse poço/cisterna, possui uma bomba submersa que é acionada em torno de duas vezes por dia, mesmo em períodos sem chuva; e em dias chuvosos, é acionada mais vezes. A origem da água, segundo relato do engenheiro civil, são dos drenos subterrâneos, abaixo da laje. E em relato de uma das funcionárias do prédio, já ocorreu da bomba estragar e a água chegar quase nas escadas que dá acesso a esse pavimento. Cada pavimento possui 2,85 metros, portanto o último pavimento está a 11,4 metros de profundidade em relação a cota da rua; e o poço/cisterna tem sua base atingindo uma profundidade de 13,9 metros. Solicitou-se vistas desse projeto de sistema de drenagem, mas o engenheiro civil responsável, informou que foi uma decisão tomada diretamente no canteiro de obras, não há projeto ou planta indicando o local das drenagens e tubulações abaixo do pavimento do último subsolo. O relatório fotográfico apresentado na figura 45, ilustra essas situações relatadas.

Figura 45 - Registro fotográfico da área 48, obtido no dia 25 de agosto de 2025. Ilustra: (A) último subsolo, S4, onde ficam as caixas de água potável e um poço/cisterna com profundidade de 2,5 m abaixo deste pavimento; (B) detalhe do poço/cisterna com tubulação da bomba submersa que é acionada diariamente, liberando a água na sarjeta (obs.:dentro do poço é possível observar pedaços pequenos de isopor que ficaram em decorrência da obra); (C) (D) vista da cortina de contenção do subsolo, indicando vestígios do isopor que ficaram grudadas em 1 metro de altura (representando o nível de água que extravasou quando o bombeamento não funcionou, coincidindo com os relatos obtidos da funcionária); (E) tubulação na sarjeta, para onde a água bombeada é direcionada.



Fonte: Arquivo pessoal.

Na Formação Botucatu, foi obtida a informação de uma área, e não identificou nível de água. No quadro 11 está apresentado o resumo dos dados coletados dessa Formação, onde é possível observar o número de identificação do relatório/obra/edificação (área), a profundidade média investigada, a máxima investigada, a média do nível de água quando identificado, a quantidade total de sondagens realizadas em cada área e a que não identificou nível de água.

Quadro 11 - Resumo das informações obtidas na área que pertencem à Formação Botucatu.

| | Área | Profundidade média investigada (m) | Profundidade máxima investigada (m) | Profundidade média do N.A. (m) | Quantidade de sondagens | Quantidade de sondagens sem água |
|-------------------|------|------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|-------------------------|----------------------------------|
| Formação Botucatu | 33 | 2,9 | 4,15 | | 2 | 2 |

Fonte: elaboração própria.

- Na área 33 foram realizadas duas sondagens com profundidade média investigada de 2,9 metros, sem presença de água.

Nos Depósitos Aluvionares foi obtido um relatório contendo duas áreas que abrangem essa unidade litoestratigráfica. No quadro 12, está apresentado o resumo dos dados coletados, onde é possível observar o número de identificação do relatório/obra/edificação (área), a profundidade média investigada, a máxima investigada, a média do nível de água quando identificado, a quantidade total de sondagens realizadas em cada área e as que não identificaram nível de água.

Quadro 12 - Resumo das informações obtidas na área que pertencem aos Depósitos Aluvionares.

| | Área | Profundidade média investigada (m) | Profundidade máxima investigada (m) | Profundidade média do N.A (m) | Quantidade de sondagens |
|-----------------------|------|------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|-------------------------|
| Depósitos Aluvionares | 56 | 2,4 | 2,4 | 2,4 | 2 |
| | | 1,3 | 1,3 | 1,3 | |

Fonte: elaboração própria.

- Na área 56, em duas sondagens em áreas distintas, a profundidade média do nível de água variou entre 2,4 m e 1,3 m.

Através desses dados obtidos com a pesquisa, na aquisição de dados secundários de relatórios de sondagens, laudos geológicos de terceiros, bem como pelas informações obtidas nas visitas realizadas em obras e em edificações, na cidade, tem-se que:

- Na Formação Santa Maria - Membro Passo das Tropas, obteve-se 10 relatórios/obras/edificações; sendo que destas, 90% interceptaram o nível de água subterrânea, a uma profundidade média de 4,2 metros.

- Na Formação Santa Maria - Membro Alemoa, obteve-se 30 relatórios/obras/edificações; sendo que destas, 67% interceptaram o nível de água subterrânea, a uma profundidade média de 2,3 metros.

- Na Formação Caturrita, obteve-se 16 relatórios/obras/edificações; sendo que destas, 75% interceptaram o nível de água subterrânea, a uma profundidade média de 4,5 metros.

- Nos Depósitos Aluvionares, obteve-se um relatório; interceptando o nível de água subterrânea, a uma profundidade média de 1,85 metros.

- Na Formação Botucatu, obteve-se um relatório, sem interceptar o nível de água.

No quadro 13, é possível observar o resumo dos dados adquiridos, indicando a quantidade de relatórios/obras/edificações em cada formação, as quantidades de áreas investigadas que apresentaram nível de água, que não apresentaram nível de água e a profundidade média geral do nível de água quando interceptado.

Quadro 13 - Resumo geral dos dados adquiridos, indicando a quantidade de relatórios/obras/edificações em cada formação, as quantidades de áreas investigadas que apresentaram nível de água, que não apresentaram nível de água e a profundidade média geral do nível de água quando interceptado.

| Unidades Litoestratigráficas | Quantidade de relatórios/obras/edificações em cada formação | Quantidade de áreas investigadas que apresentaram nível de água | Quantidade de áreas investigadas que não apresentaram nível de água | Profundidade média do N.A. geral (m) |
|--|---|---|---|--------------------------------------|
| Depósitos Aluvionares | 1 | 1 | 0 | 1,85 |
| % | 100 | 100 | 0 | |
| Formação Botucatu | 1 | 0 | 1 | |
| % | 100 | 0 | 100 | |
| Formação Caturrita | 16 | 12 | 4 | 4,5 |
| % | 100 | 75 | 25 | |
| Formação Santa Maria - Membro Alemoa | 30 | 20 | 10 | 2,3 |
| % | 100 | 67 | 33 | |
| Formação Santa Maria - Membro Passo das Tropas | 10 | 9 | 1 | 4,2 |
| % | 100 | 90 | 10 | |

Fonte: elaboração própria.

Essas análises demonstraram que na cidade de Santa Maria, RS, a água subterrânea pode e muitas vezes é interceptada nas obras civis, sendo essa perceptível nas escavações e perfurações e registrada em laudos geológicos e ensaios de sondagem. E com base nos conceitos e nas técnicas descritas nas páginas 44 à 49, foi possível correlacionar as situações observadas nas visitas realizadas nas obras e nas edificações já concluídas, conforme mostra o quadro 14, onde é indicado o número da área (obra/edificação) e a técnica correlacionada.

Quadro 14 - Número da área (obra/edificação) visitada e técnica correlacionada.

| ÁREA | TÉCNICA CORRELACIONADA |
|------|---|
| 52 | 1 - Abertura de valetas ou cavas a céu aberto ou bombeamento direto superficial |
| 42 | 4. Drenos linear, por gravidade |
| 50 | 4. Dreno linear, tipo espinha de peixe, por gravidade |
| 55 | 4. Dreno linear, com bombeamento |
| 19 | 7. Poço de bombeamento |
| | 4. Drenos lineares, tipo espinha de peixe, com bombeamento |
| 20 | 4. Drenos lineares, com bombeamento |
| 41 | 5. Galeria de drenagem com bombeamento |
| 43 | 7. Bombeamento (temporário) |
| 47 | 4. Drenos lineares com bombeamento |
| 48 | 4. Drenos lineares com bombeamento |

Fonte: elaboração própria.

5.2 ANÁLISE DE PERMEABILIDADE DOS SOLOS

No primeiro ensaio, no ponto de análise corresponde a Formação Santa Maria - Membro Passo das Tropas, a condutividade hidráulica resultante foi de 6,86E-04; para o segundo ensaio, no ponto de análise corresponde aos Depósitos Aluvionares, a condutividade hidráulica resultante foi de 1,4E-06 cm/s; no terceiro ensaio, no ponto de análise corresponde a Formação Santa Maria - Membro Alemoa, a condutividade hidráulica resultante foi de 6,02E-07 cm/s; no quarto ensaio, no ponto de análise corresponde a Formação Caturrita, a condutividade hidráulica resultante foi de 2,91E-04 cm/s; e no quinto ensaio, no ponto de análise correspondente a Formação Sanga do Cabral, a condutividade hidráulica resultante foi de 1,87 E-06 cm/s. Comparando esses valores com as referências exposta nos quadros 3 e 4, que apresentam a classificação hidrogeológica dos sedimentos e

rochas de acordo com a condutividade hidráulica e exemplifica a faixa de valores em alguns materiais não consolidados, tem-se que:

- O valor resultante na área do primeiro ensaio, representa uma permeabilidade moderada, visto que está entre um aquífero e aquífero, podendo ser composto por areia fina, areia siltosa e areia argilosa.
- O valor resultante na área do segundo ensaio, representa uma permeabilidade baixa, classificado como aquícluse, podendo ser composto por areia argilosa, silte arenoso, silte e argila.
- O valor resultante na área do terceiro ensaio, representa uma permeabilidade baixa, classificada como aquícluse, podendo ser composto por material argiloso.
- O valor resultante na área do quarto ensaio, representa uma permeabilidade moderada, visto que está entre um aquífero e aquífero, podendo ser composto por areia fina, areia siltosa e areia argilosa.
- O valor resultante na área do quinto ensaio, representa uma permeabilidade baixa, classificado como aquícluse, podendo ser composto por areia argilosa, silte arenoso, silte e argila.

O quadro 15, expressa o resumo desses dados, com indicação da unidade litoestratigráfica do ponto de ensaio, das coordenadas, da condutividade hidráulica obtida expressa em cm/s e da característica hidrogeológica correlacionada.

Quadro 15 - Unidade litoestratigráfica do ponto de ensaio, coordenadas, condutividade hidráulica obtida expressa em cm/s e característica hidrogeológica correlacionada.

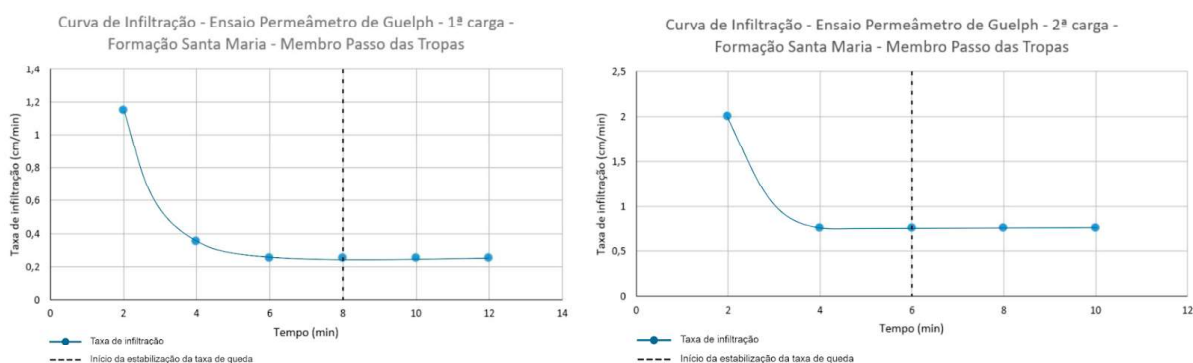
| Ensaio | Unidade Litoestratigráfica | Latitude | Longitude | Condutividade hidráulica (cm/s) | Característica hidrogeológica |
|--------|--|---------------|---------------|---------------------------------|-------------------------------|
| 1 | Formação Santa Maria - Membro Passo das Tropas | 29°42'51.61"S | 53°51'52.71"O | 6,86E-04 | entre aquífero e aquífero |
| 2 | Depósitos Aluvionares | 29°42'52.14"S | 53°49'13.44"O | 1,4E-06 | aquícluse |
| 3 | Formação Santa Maria - Membro Alemoa | 29°43'43.40"S | 53°43'1.81"O | 6,02E-07 | aquícluse |
| 4 | Formação Caturrita | 29°39'36.91"S | 53°49'5.43"O | 2,91E-04 | entre aquífero e aquífero |
| 5 | Formação Sanga do Cabral | 29°45'16.55"S | 53°47'22.83"O | 1,87E-06 | aquícluse |

Fonte: elaboração própria.

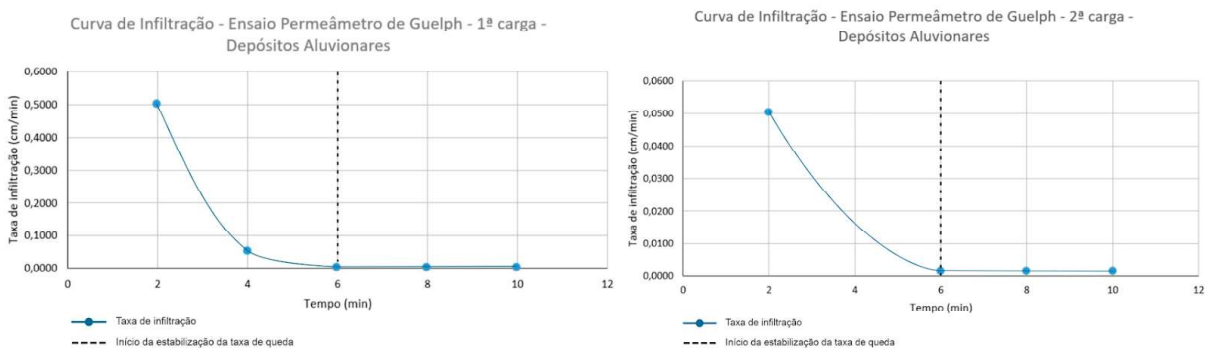
As curvas de infiltração de cada área, do ensaio da 1ª e 2ª carga, expressas em tempo *versus* taxa de infiltração (cm/min), permitem visualizar o tempo onde houve o início da estabilização da infiltração e estão expostas nas figuras 46 e 47.

Figura 46 - Curvas de infiltração dos locais de ensaio da permeabilidade, expressas em tempo *versus* taxa de infiltração (cm/min). (A) curvas resultante do ponto de análise corresponde a Formação Santa Maria - Membro Passo das Tropas; (B) curvas resultante do ponto de análise corresponde aos Depósitos Aluvionares; (C) curvas resultante do ponto de análise corresponde a Formação Santa Maria - Membro Alemoa;

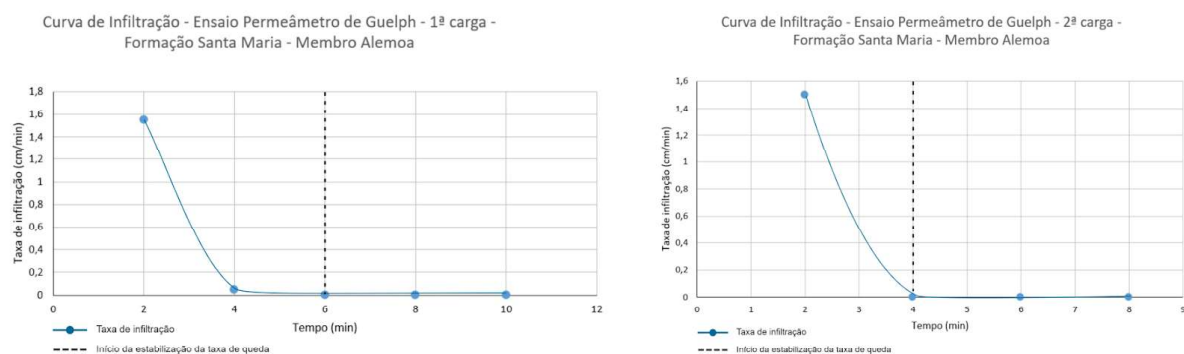
(A)



(B)



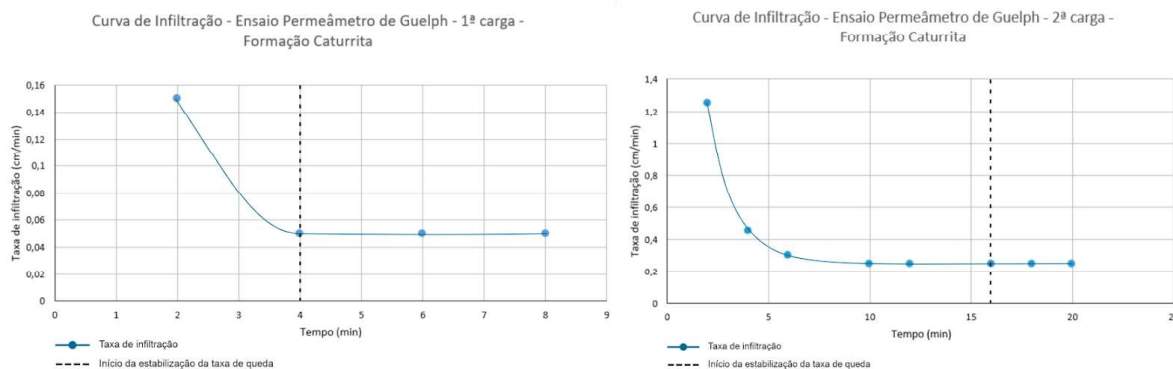
(C)



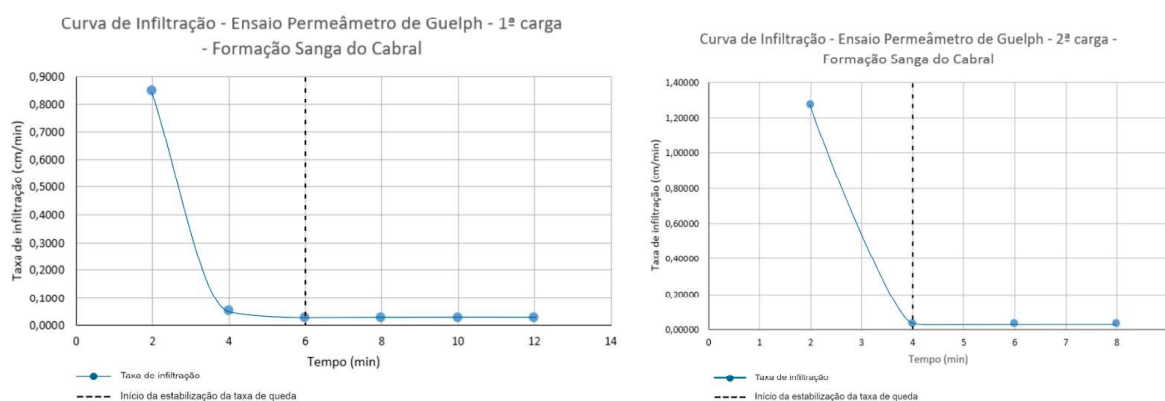
Fonte: elaboração própria.

Figura 47 - Curvas de infiltração dos locais de ensaio da permeabilidade, expressas em tempo *versus* taxa de infiltração (cm/min): (D) curvas resultantes do ponto de análise corresponde a Formação Caturrita; e (E) curvas resultantes do ponto de análise correspondente a Formação Sanga do Cabral.

(D)



(E)



Fonte: elaboração própria.

5.3 ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

A análise granulométrica realizada em laboratório, resultou em gráficos, apresentados na figura 48 e demonstram que:

A - O solo coletado no local de ensaio de permeabilidade realizado na área que abrange a Formação Santa Maria - Membro Passo das Tropas, apresentou situação bimodal, silte grosso (20%) com predomínio de areia média (80%).

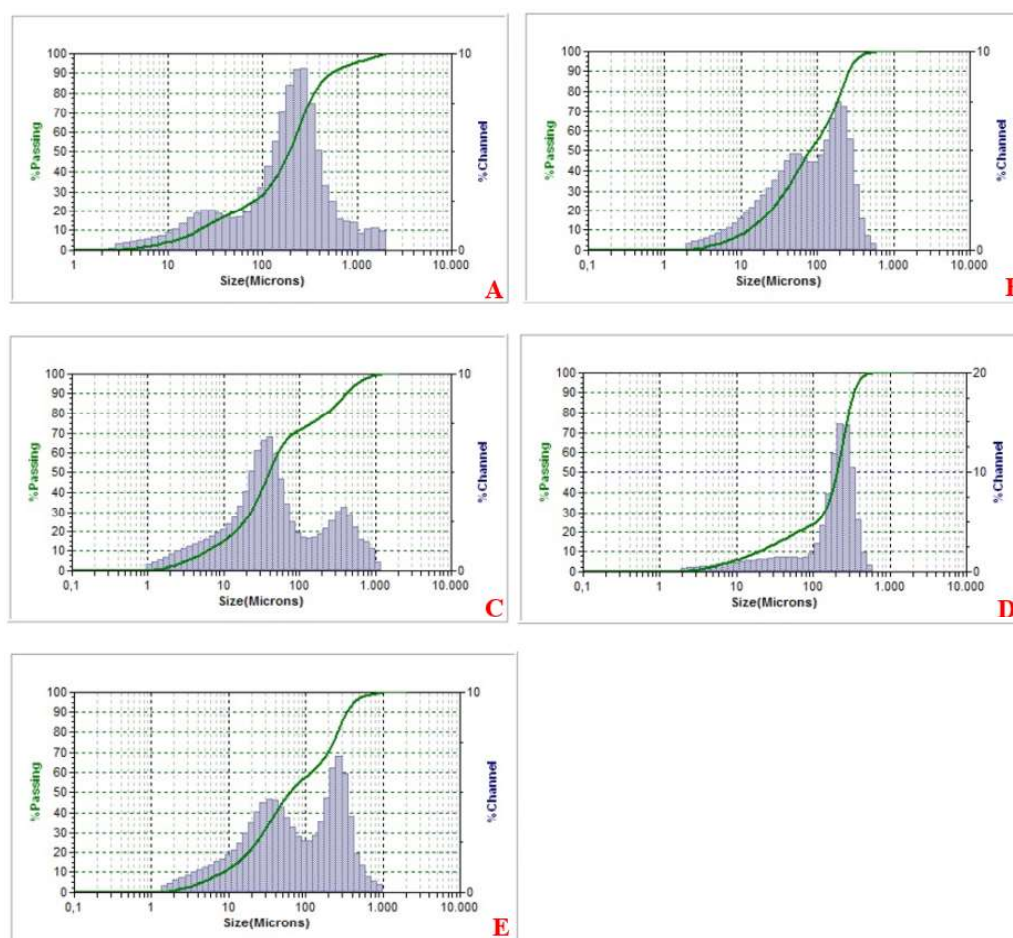
B - O solo coletado no local de ensaio de permeabilidade realizado na área que abrange os Depósitos Aluvionares, apresentou uma situação bimodal, com silte grosso (40%) com predomínio de areia fina (60%).

C - O solo coletado no local de ensaio de permeabilidade realizado na área que abrange a Formação Santa Maria - Membro Alemoa, apresentou uma situação bimodal, com silte grosso (60%) e areia média (30%) e o restante outras frações de partículas.

D - O solo coletado no local de ensaio de permeabilidade realizado na área que abrange a Formação Caturrita, apresentou situação unimodal de areia média (70%) e as demais frações (30%).

E - O solo coletado no local de ensaio de permeabilidade realizado na área que abrange a Formação Sanga do Cabral, apresentou situação bimodal, com silte grosso (40%) e areia fina à média (60%).

Figura 48 - Histograma e Curva de Frequência Acumulada na área de estudo (A) área que abrange a Formação Santa Maria - Membro Passo das Tropas; (B) área que abrange os Depósitos Aluvionares; (C) área que abrange a Formação Santa Maria - Membro Alemoa; (D) área que abrange a Formação Caturrita; e (E) área que abrange a Formação Sanga do Cabral.



Fonte: Microtrac S3500

O quadro 16, expressa o resumo desses dados, com indicação da unidade litoestratigráfica do ponto de ensaio, da coordenada do ponto de ensaio e da granulometria predominante.

Quadro 16 - Unidade litoestratigráfica do ponto de ensaio, coordenada do ponto de ensaio e da granulometria predominante.

| Ensaio | Unidade Litoestratigráfica | Latitude | Longitude | Granulometria |
|--------|--|---------------|---------------|--|
| 1 | Formação Santa Maria - Membro Passo das Tropas | 29°42'51.61"S | 53°51'52.71"O | silte grosso (20%) com predomínio de areia média (80%) |
| 2 | Depósitos Aluvionares | 29°42'52.14"S | 53°49'13.44"O | silte grosso (40%) com predomínio de areia fina (60%) |
| 3 | Formação Santa Maria - Membro Alemoa | 29°43'43.40"S | 53°43'1.81"O | silte grosso (60%) e areia média (30%) e o restante outras frações de partículas |
| 4 | Formação Caturrita | 29°39'36.91"S | 53°49'5.43"O | unimodal de areia média (70%) e demais frações (30%) |
| 5 | Formação Sanga do Cabral | 29°45'16.55"S | 53°47'22.83"O | bimodal, com silte grosso (40%) e areia fina à média (60%) |

Fonte: elaboração própria

5.4 LEVANTAMENTO GEOFÍSICO (ELETRORRESISTIVIDADE)

A linha 1 de eletrorresistividade, instalada na área que da Formação Santa Maria - Membro Passo das Tropas, direção SSE-NNW, azimuth 171°, apresentou resistividade que varia de 4 ohm.m à 267 ohm.m e de acordo com os parâmetros expostos nas figuras 18 e 19 e no quadro 6, tem-se que:

- A faixa de menor resistividade, indicada na classe de cores azuis, de 4 à 13,3 ohm.m, encontra-se a partir de aproximadamente três metros de profundidade, em forma de

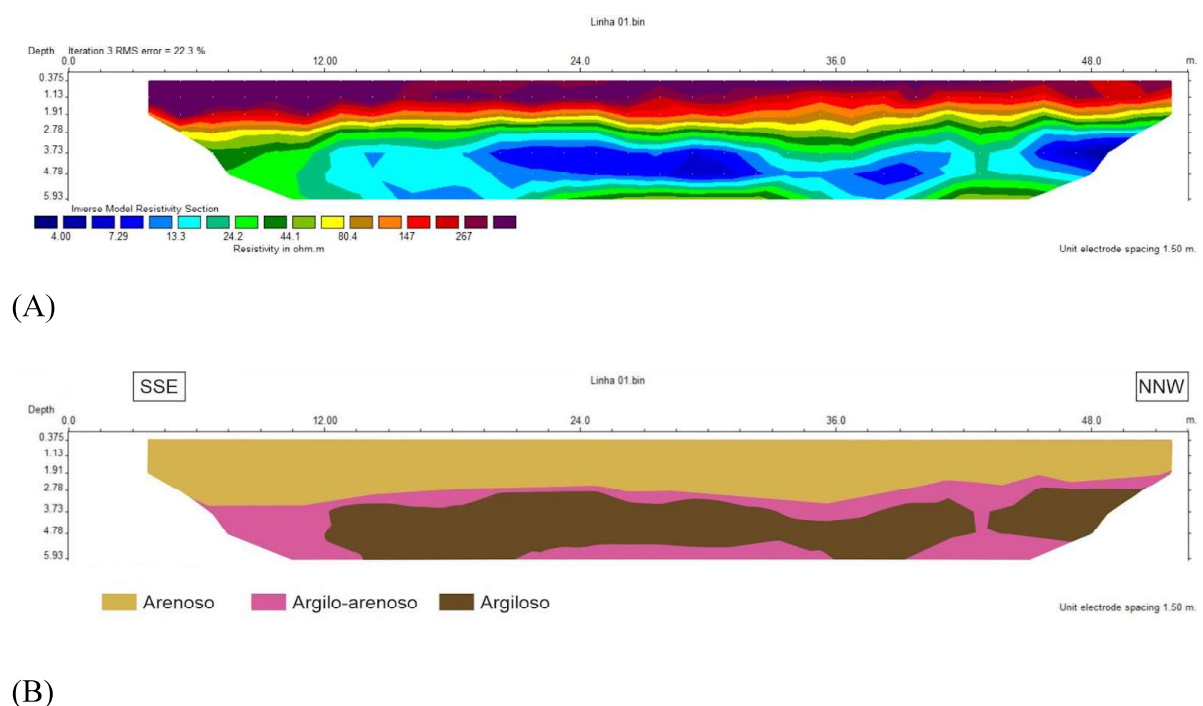
uma lente e pode ser classificada como sendo material argiloso, com características hidrogeológicas de aquíclode;

- A faixa seguinte de resistividade, representada pela palheta de cores verde, de 24,2 ohm.m à 44,1 ohm.m, encontra-se em camada acima e a abaixo do material mais argiloso, em espessura em torno de um metro e pode ser classificada como sendo material argilo-arenoso, com características hidrogeológicas de aquícardo;

- A camada mais superficial, da palheta de cores abrangendo o amarelo, vermelho à roxo, de 80,4 ohm.m à 267 ohm.m, presente em toda a extensão da linha analisada, atingindo uma profundidade em torno de três metros, pode ser classificada como material arenoso, com características hidrogeológicas de aquífero.

Na figura 49, pode-se observar o perfil geofísico e o geológico, conforme descrito.

Figura 49 - Linha 1, Formação Santa Maria - Membro Passo das Tropas: (A) Perfil geofísico; (B) Perfil geológico.



A linha 2 de eletrorresistividade, direção NW-SE, azimuth 121° instalada na área dos Depósitos Aluvionares, apresentou resistividade que varia de 7,29 ohm.m à 267 ohm.m e de acordo com os parâmetros expostos nas figuras 18 e 19 e no quadro 6, tem-se que:

- A faixa de menor resistividade, representada pela paleta de cores azul (até 13,3 ohm.m), está concentrada na parte central do perfil, a partir dos dois metros de profundidade

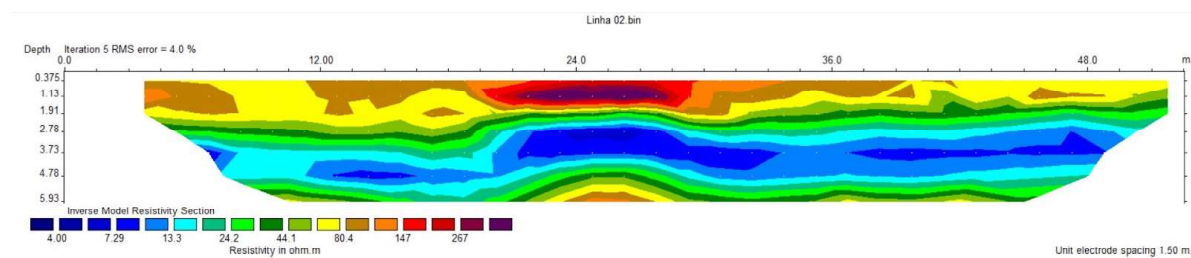
até cinco metros; podendo ser classificada como material argiloso, com características hidrogeológicas de aquíclude;

- A faixa seguinte de resistividade, representada pela palheta de cores verde, de 24,2 ohm.m à 44,1 ohm.m, encontra-se em uma camada superficial e inferior da anteriormente descrita, em uma espessura média em torno de 1 metro; podendo ser classificada como material argilo-arenoso, com características hidrogeológicas de aquícardo;

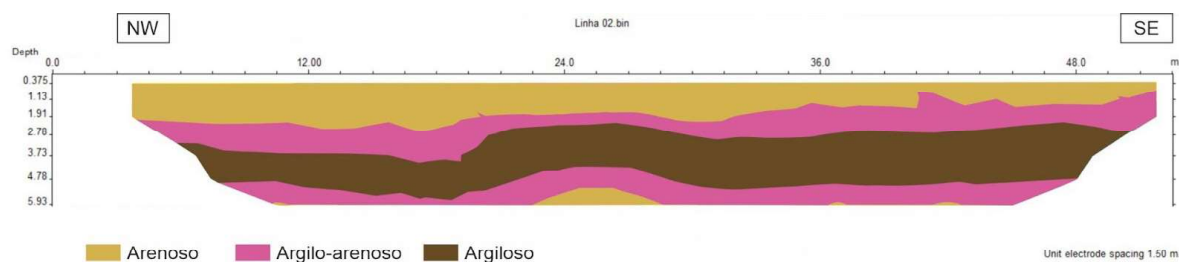
- A camada mais superficial, apresenta resistividade maior do que 80,4 ohm.m, representada pelas cores a partir do amarelo, abrangendo toda a extensão da linha e com profundidade até 1,91 metros, pode ser classificada como material arenoso, com características hidrogeológicas de aquífero.

Na figura 50, pode-se observar o perfil geofísico e o geológico, conforme descrito.

Figura 50 - Linha 2, Depósitos Aluvionares: (A) Perfil geofísico; (B) Perfil geológico.



(A)



(B)

A linha 3 de eletrorresistividade, direção SW-NE, azimute 224° instalada na área de Formação Santa Maria - Membro Alemoa, direção Sudoeste-Nordeste, apresentou resistividade que varia de 4 ohm.m à 147 ohm.m e de acordo com os parâmetros expostos nas figuras 18 e 19 e no quadro 6, tem-se que:

- A faixa de menor resistividade, representada pela paleta de cores azul (até 13,3 ohm.m), abrange a maior parte do perfil a partir da profundidade de 1,13 m até os 5,93 m

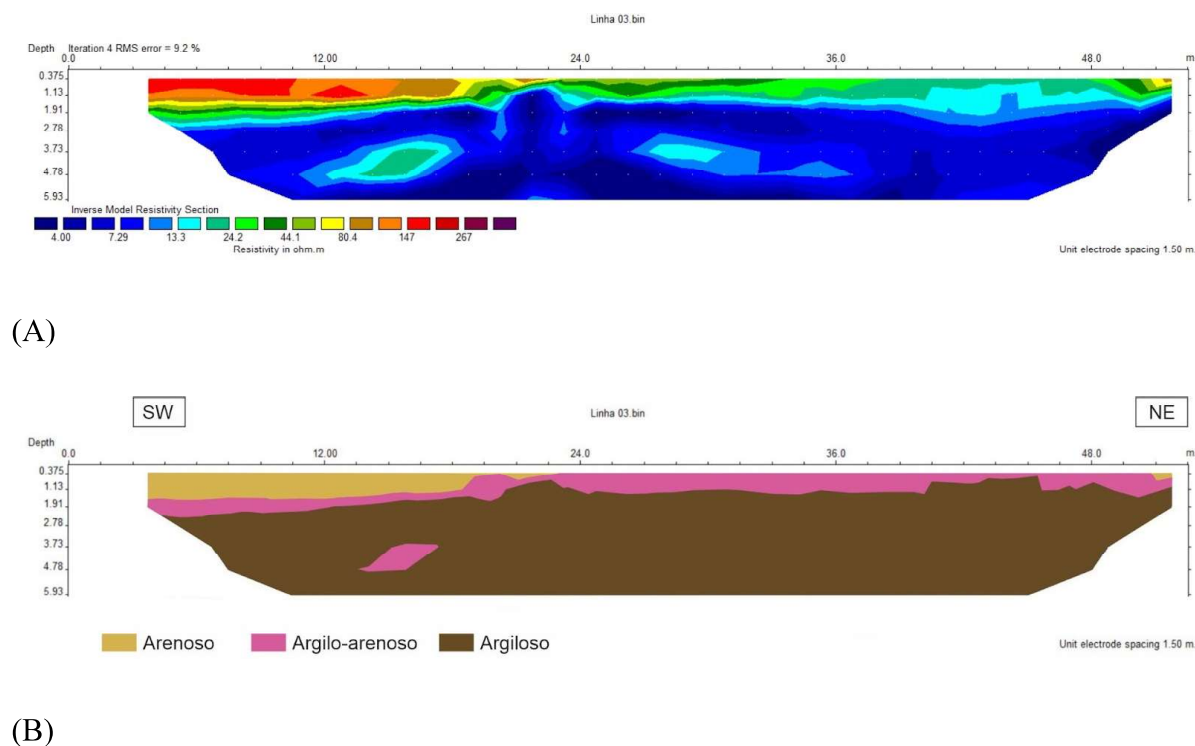
analisados e pode ser classificada como sendo material argiloso, com características hidrogeológicas de aquíclode;

- A faixa seguinte de resistividade, representada pela palheta de cores verde, de 24,2 ohm.m à 44,1 ohm.m, encontra-se em uma fina camada superficial, em torno de 70 cm de espessura e em uma lente à 4 metros de profundidade, podendo ser classificada como material argilo-arenoso;

- A camada mais superficial, concentrada na porção sudoeste, possui uma resistividade maior, de 80,4 ohm.m à 147 ohm.m, em uma camada de até 1,5 m de profundidade, representada pela palheta de cores amarelo ao vermelho claro, pode ser classificado como material arenoso, no entanto, destaca-se que essa camada pode não ser natural no terreno, podendo ser oriunda de areia de obra depositada no local, visto que há edificação próxima.

Na figura 51, pode-se observar o perfil geofísico e o geológico, conforme descrito.

Figura 51 - Linha 3, Formação Santa Maria - Membro Alemoa: (A) Perfil geofísico; (B) Perfil geológico.



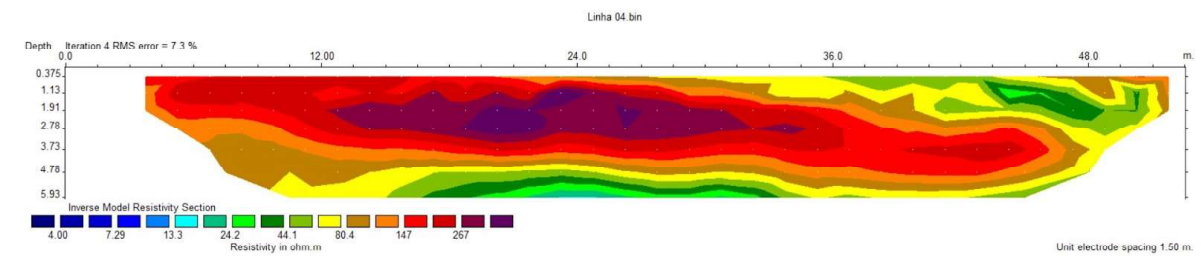
A linha 4 de eletrorresistividade, instalada na área de Formação Caturrita, direção SSE-NNW, azimute 350°, apresentou resistividade que varia de 24,2 ohm.m à 267 ohm.m e de acordo com os parâmetros expostos nas figuras 18 e 19 e no quadro 6, tem-se que:

- A faixa de menor resistividade, representada pela paleta de cores verde (até 44,1 ohm.m), está concentrada em uma parte norte do perfil, em forma de lente e na base do perfil, com espessuras em torno de 1 metro; podendo ser classificada como material argilo-arenoso, com características hidrogeológicas de aquitardo;

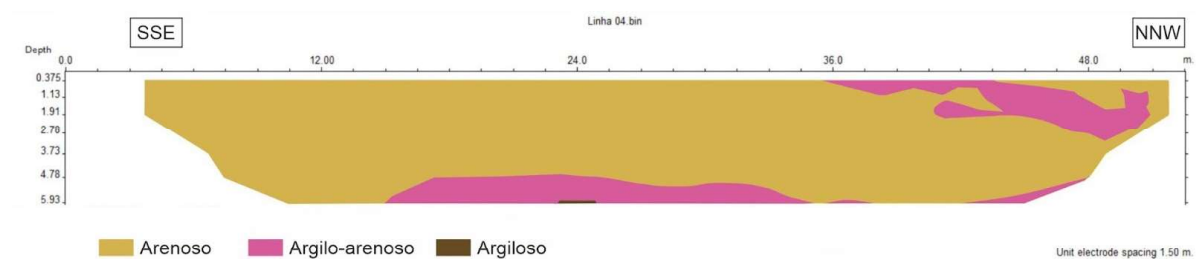
- A faixa seguinte de resistividade, representada pela palheta de cores a partir do amarelo (80,4 ohm à 267 ohm), predominam no perfil, pode ser classificada como material arenoso, com características hidrogeológicas de aquífero.

Na figura 52, pode-se observar o perfil geofísico e o geológico, conforme descrito.

Figura 52 - Linha 4, Formação Caturrita: (A) Perfil geofísico; (B) Perfil geológico.



(A)



(B)

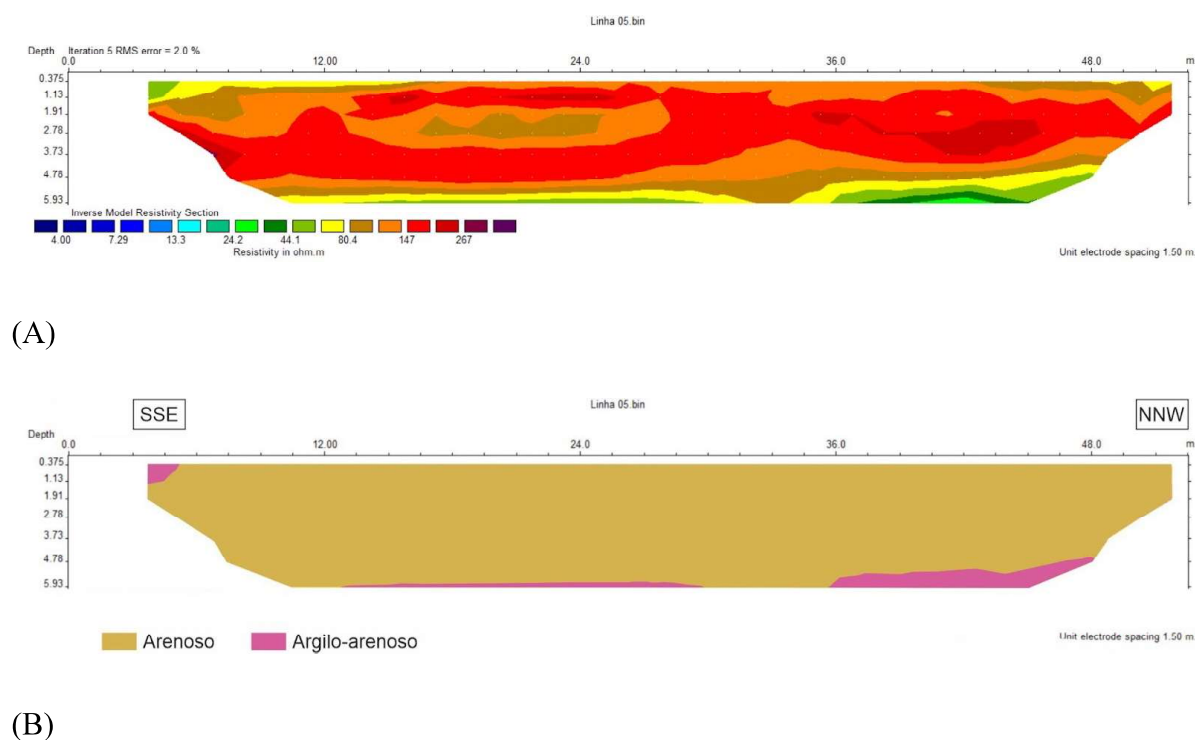
A linha 5 de eletrorresistividade instalada na área de Formação Sanga do Cabral, direção SSE-NNW, azimute 337°, apresentou resistividade que varia de 24,2 ohm.m à 147 ohm.m e de acordo com os parâmetros expostos nas figuras 18 e 19 e no quadro 6, tem-se que:

- A faixa de menor resistividade, representada pela paleta de cores verde (24,2 até 44,1 ohm.m), está concentrada em uma pequena porção superior da linha, ao sul, abrangendo 1,13 metros de profundidade e 1,5 m de largura; bem como na porção inferior da linha em torno de 5 metros de profundidade, abrangendo em torno de 12 metros de largura. Essa faixa pode ser enquadrada como sedimento argilo-arenoso, com característica hidrogeológica de aquitardo;

- A faixa seguinte de resistividade, representada pela palheta de cores a partir do amarelo até o vermelho (80,4 ohm.m à 147 ohm.m), predomina no perfil, em extensão e em profundidade; podendo ser classificado como material arenoso, com características hidrogeológicas de aquífero.

Na figura 53, pode-se observar o perfil geofísico e o geológico, conforme descrito.

Figura 53 - Linha 5, Formação Sanga do Cabral: (A) Perfil geofísico; (B) Perfil geológico.



6 DISCUSSÕES

Por meio de informações de sondagens de reconhecimento de subsolo para fins de construção civil, contidas nos relatórios de terceiros e por meio de informações obtidas em visitas realizadas em obras e em edificações na cidade de Santa Maria, RS, foi possível obter dados do nível de água subterrânea. Verificou-se que é comum na cidade de Santa Maria,

RS, ocorrer o afloramento de água na etapa de escavação do solo e na etapa de perfuração para colocação de estacas de fundação. E muitas vezes demandam a instalação de sistemas para captação dessas águas e retirada do meio de interesse. De todos os casos analisados, nenhum possuía o projeto do sistema instalado, pois são tratados pela construção civil como somente “drenos pluviais e de águas de infiltração”, decididos e executados diretamente no canteiro de obras; além disso, de todos os casos analisados, nenhum possuía dados quanto ao volume de água que é retirado e descartado, seja na sarjeta das ruas da cidade ou diretamente na rede de drenagem.

Os casos observados e relatados da construção civil na cidade, demonstram que ocorre a retirada de água do subsolo, seja por gravidade ou por bombeamento; e ocorre tanto de forma temporária, para viabilizar uma etapa da obra (perfuração, concretagem, escavação), quanto de forma permanente, para viabilizar garagens no subsolo. Mas, do ponto de vista dos responsáveis técnicos, os quais foi possível acesso e troca de informações, essa atividade não é abordada como uma atividade de rebaixamento do nível de água subterrânea.

No entanto, os sistemas observados em Santa Maria, RS, são enquadrados/caracterizados como pertencentes às técnicas de rebaixamento do nível de água subterrânea e as informações obtidas permitiram verificar que existe na cidade casos onde a construção civil intercepta o nível de água subterrânea, ou seja, a zona saturada e precisa manter o nível de água rebaixado, devido às escavações realizadas para a instalação dos subsolos, conforme exposto no quadro 14. Portanto, tecnicamente, ocorre a atividade de rebaixamento do nível de água subterrânea na construção civil em Santa Maria, RS.

Há uma lacuna e falta de informações sobre esse assunto e de acordo com Alonso (2022), a elaboração do projeto de rebaixamento não é algo muito aplicado no Brasil, sendo esse o grande problema dessa atividade: os compradores de imóveis raramente tem conhecimento dessa situação, de que o custo gasto no condomínio com conta de luz, é maior do que se houvesse laje subpressão ou cortinas estanque das águas laterais, pois é uma situação que não consta em projeto e não consta em contrato, e é algo que será permanente, durante toda a vida útil do prédio; além do risco de recalques em estruturas próximas que possuem fundação direta (rasa ou superficial).

Qualquer que seja o sistema de rebaixamento empregado, o mesmo impõe uma redução das poro - pressões do solo e, conseqüentemente, um aumento nas pressões efetivas, as quais podem causar recalques indesejáveis às estruturas situadas no raio de influência do

rebaixamento, principalmente se estiverem sobre camadas compreensíveis, como argilas ou areias; por isso, é conveniente instalar medidores de nível de água para monitoramento, relacionando o rebaixamento com a vazão (Alonso, 2017).

Conforme exposto no item 3.4 clima, a região de Santa Maria, RS é caracterizada por ter precipitação pluviométrica bem distribuída ao longo do ano, sem estação seca definida e a geologia predominantemente sedimentar contribui para que a saturação do subsolo ocorra em profundidades pequenas. Pela coleta de dados, o nível de água subterrânea na região encontrou-se a profundidade média de 4,2 metros em áreas que fazem parte da Formação Santa Maria - Membro Passo das Tropas, 2,3 metros em áreas que fazem parte da Formação Santa Maria - Membro Alemoa, 4,5 metros em áreas que fazem parte da Formação Caturrita e 1,85 metros em áreas que fazem parte Depósitos Aluvionares, conforme quadro 13. Essa saturação de água é favorecida principalmente pela presença de camadas sedimentares com capacidade de retenção de água, mas com baixa condutividade hidráulica, conforme identificado nos ensaios de permeabilidade.

A relação entre a condutividade hidráulica encontrada nos ensaios de campo e o nível de água médio identificado na aquisição de dados secundários e visitas técnicas, pode ser visto na figura 54, onde estão expostos dois gráficos que visualizando em conjunto, percebe-se que as menores condutividades hidráulicas, também apresentaram as menores profundidades médias do nível d'água subterrânea; o que condiz com a dificuldade de percolação da água para camadas mais profundas.

Os resultados da condutividade hidráulica também vão ao encontro dos resultados obtidos na análise granulométrica e na característica dos sedimentos avaliados por meio da geofísica utilizando o método eletrorresistividade, que demonstrou relação compatível entre os domínios (com exceção da resistividade obtida na área cinco, que apresentou predomínio de característica de meio mais arenoso, mas pela condutividade hidráulica e granulometria, é mais típica de meio pelítico).

Na linha 1, a interpretação dos intervalos de eletrorresistividade são condizentes com o ensaio de permeabilidade dessa área (condutividade hidráulica de $6,86E-04$) e com a granulometria da amostra que foi coletada no poço do ensaio de permeabilidade, caracterizada por ser bimodal, com predomínio de areia média, seguida por uma fração secundária composta por silte grosso; todos os resultados dessa área foram satisfatórios, com representação de solo/subsolo típico da Formação Santa Maria - Membro Passo das Tropas, que tem a litologia formada por predomínio de arenitos e camadas pelíticas subordinadas.

Na linha 2, a interpretação dos intervalos de eletrorresistividade, são condizentes com o ensaio de permeabilidade dessa área (condutividade hidráulica de $1,4E-06$) e com a granulometria da amostra que foi coletada no poço do ensaio de permeabilidade, caracterizada por ser bimodal, com predomínio de areia fina, seguida por uma fração secundária composta por silte grosso; todos os resultados dessa área foram satisfatórios, com representação de solo/subsolo típico de Depósitos Aluvionares, podendo ser formados por sedimentos areno-argilosos e arenosos.

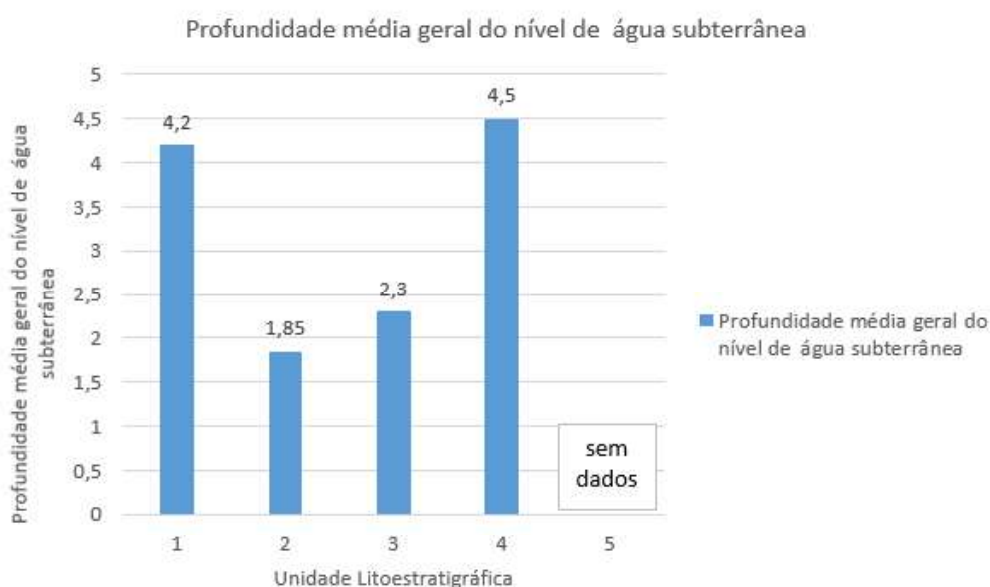
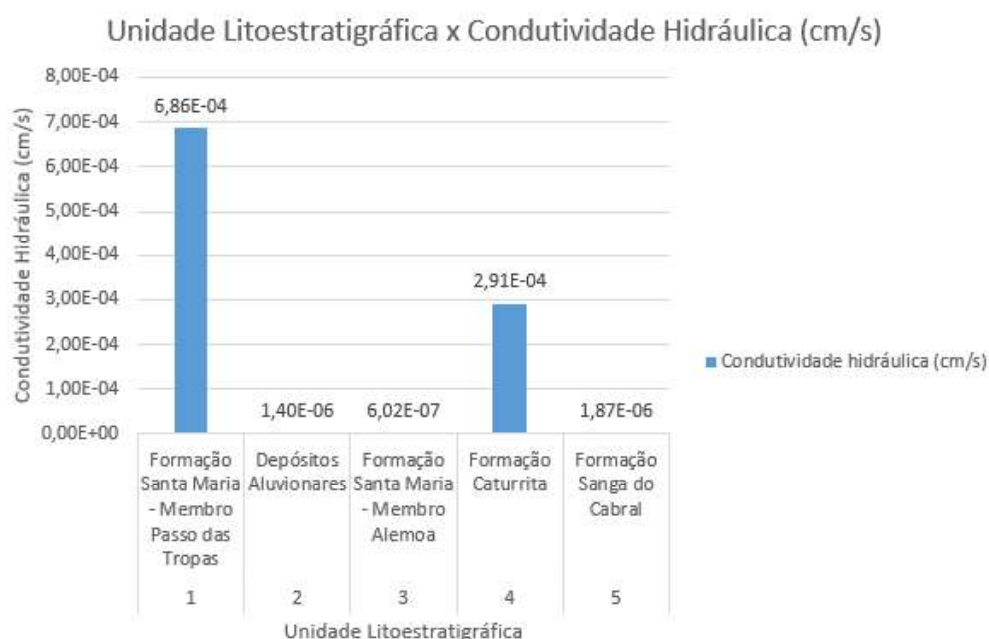
Na linha 3, a interpretação dos intervalos de eletrorresistividade, com o predomínio de aquíclude, é condizente com o ensaio de permeabilidade dessa área (condutividade hidráulica de $6,02E-07$); e com relação a granulometria da amostra coletada no poço do ensaio de permeabilidade, que apresentou uma situação bimodal, com predomínio de silte grosso, seguida de uma fração secundária de areia média. Os resultados dessa área foram satisfatórios, com representação de solo/subsolo típico da Formação Santa Maria - Membro Alemoa, podendo ser formados por siltes.

Na linha 4, a interpretação dos intervalos de eletrorresistividade são condizentes com o ensaio de permeabilidade dessa área (condutividade hidráulica de $2,91E-04$) e com a granulometria da amostra coletada no poço do ensaio de permeabilidade, caracterizada por ser unimodal, com predomínio de areia média; todos os resultados dessa área foram satisfatórios, com representação de solo/subsolo típico da Formação Caturrita, formados por predomínio de sedimentos arenosos, podendo ser intercalados com material mais pelítico.

Na linha 5, na interpretação dos intervalos de eletrorresistividade, na porção que apresenta material mais argilo-arenoso caracterizando um aquícardo, é condizente com o resultado obtido no ensaio de permeabilidade (condutividade hidráulica de $1,87E-06$) e também com o resultado da granulometria que apresentou ser bimodal, silte grosso a areia média. Diferentemente disso, a resistividade da camada que apresentou características de material mais arenoso, de aquífero, sendo essa, a camada que mais predominou no perfil analisado, não foi condizente com o ensaio de permeabilidade. A Formação Sanga do Cabral, é formada por arenitos finos à médios com intraclastos pelíticos (CPRM, 2018), com permeabilidade baixa, atuando com característica de aquícardo, exatamente como foi representado na porção mais inferior do perfil, a partir dos 5 metros de profundidade; diferente do restante do perfil que predominou com característica de resistividade típica de aquífero. Para ocorrer essa inconsistência de dados, diversas podem ser as hipóteses, desde erro de leitura do aparelho à interferência antrópica da camada mais superficial do solo. Em contato com o responsável pela área, o mesmo relatou que coloca esterco de cavalo no local,

em função da estebrearia que existe na propriedade. A deposição frequente de esterco, pode mudar a forma de interpretação, visto que a introdução desse material no solo, pode alterar significativamente os valores naturais dos parâmetros geoeletricos, pois grande quantidade de matéria orgânica, contém compostos com sais minerais e íons dissolvidos, que podem alterar a condutividade elétrica (Braga, 2016). Esta situação pode ter influenciado na resistividade da área, alterando características naturais.

Figura 54 - (A) Gráfico da unidade litoestratigráfica *versus* condutividade hidráulica; (B) Gráfico da unidade litoestratigráfica *versus* profundidade média geral do nível de água.



Fonte: elaboração própria

No quadro 17, pode-se observar o resumo dos principais resultados obtidos e interpretação da compatibilidade entre os mesmos.

Quadro 17 - Resumo dos resultados obtidos, indicando os ensaios e a interpretação de compatibilidade.

| Ensaio | Unidade Litoestratigráfica | Profundidade média geral do nível de água subterrânea | Condutividade de hidráulica obtida(cm/s) | Característica hidrogeológica considerando a condutividade | Granulometria predominante pelo ensaio de campo | Sedimentos do perfil considerando a resistividade | Correlação entre os fatores: compatível/incompatível |
|--------|--|---|--|--|--|---|--|
| 1 | Formação Santa Maria - Membro Passo das Tropas | 4,2 | 6,86E-04 | entre aquífero e aquífero | bimodal, silte grosso (20%) com predomínio de areia média (80%) | sedimento arenoso, argiloarenoso e argiloso | todos compatíveis entre si |
| 2 | Depósitos Aluvionares | 1,85 | 1,40E-06 | aquícluse | bimodal, com silte grosso (40%) com predomínio de areia fina (60%) | sedimento arenoso, argiloarenoso e argiloso | todos compatíveis entre si |
| 3 | Formação Santa Maria - Membro Alemoa | 2,3 | 6,02E-07 | aquícluse | bimodal, com silte grosso (60%), areia média (30%) e o restante outras frações de partículas | sedimento argiloso (predominando) e argiloarenoso | todos compatíveis entre si |
| 4 | Formação Caturrita | 4,5 | 2,91E-04 | entre aquífero e aquífero | unimodal de areia média (70%) e as demais frações (30%) | sedimento arenoso (predominando) e argiloarenoso | todos compatíveis entre si |
| 5 | Formação Sanga do Cabral | S.D | 1,87E-06 | aquícluse | bimodal, com silte grosso (40%) e areia fina à média (60%) | sedimento arenoso (predominando) e argiloarenoso | Compatível: entre a condutividade hidráulica e a característica hidrogeológica Compatível entre a granulometria e resistividade |

Fonte: elaboração própria.

Netto (1994) diz que a água subterrânea ou subsuperficial tem origem na superfície e estão intimamente relacionadas; pois após uma precipitação, a água infiltrada que não é absorvida pelas plantas e que não retorna à atmosfera pela evapotranspiração, converge e recarrega o reservatório de água subsuperficial ou subterrânea. E compreender a conexão entre essas águas é visto cada vez mais como um pré-requisito para o gerenciamento eficaz desse recurso (Sophocleous, 2002 apud Rosenberry e LaBaugh, 2008); interfaces entre águas superficiais e subterrâneas, são descritas como um "recurso único" (Winter et al., 1998, apud Rosenberry e LaBaugh, 2008). Além de que zonas de saturação temporárias também podem se desenvolver a depender da estação do ano, principalmente se houverem camadas de baixa permeabilidade que funcionam como impedimento à percolação, propiciando a saturação de camadas subjacentes (Cleary, 1989 apud Netto, 1994), ou seja, parte da água precipitada, a que atinge o solo, entra em processo de percolação que depende da situação geológica, podendo formar um meio saturado não tão profundo; água essa que com o tempo, alimentará os aquíferos em maior profundidade, mas no meio urbano são

interceptadas e retiradas do subsolo, sendo liberadas nas sarjetas das ruas da cidade ou em córregos mais próximos. E como o perímetro urbano de Santa Maria apresenta características de baixa capacidade de infiltração, predominando características de aquíclode, com nível de água subterrâneo relativamente baixo, esse meio saturado não só pode, como é facilmente atingido por obras da construção civil.

A saturação do subsolo em profundidades relativamente baixas, associadas ao crescimento urbano verticalizado, implicam em situações que vão necessitar cada vez mais retirada permanente de água do subsolo. O espaço subterrâneo no meio urbano de Santa Maria, RS, está sendo cada vez mais ocupado, casas antigas estão sendo demolidas e dando lugar a prédios, cada vez maiores, que demandam subsolo, seja para garagens, quanto fundações profundas; realidade já sendo observada nos bairros e inclusive já foi objeto de notícia recentemente, conforme figura 7 e 8; e observa-se na cidade certa “concorrência” entre algumas construtoras, em quem faz o prédio mais alto.

Esse processo de ocupação do subsolo, se não planejado devidamente e controlado, tenderá a impactos adversos no futuro, como já ocorreu em bairros de grandes centros urbanos, como em São Paulo, exposto nas figuras 4, 5 e 6. Esses exemplos da realidade da cidade de São Paulo, que passou por diversos problemas e ações judiciais até que houvesse a alteração de sua legislação municipal, demonstra que o planejamento das cidades é fundamental para evitar impactos adversos em virtude da urbanização e do uso subterrâneo, ainda mais quando há necessidade de retirada de água em meio sedimentar.

Para esclarecer os conceitos legais das atividades de rebaixamento praticados na cidade e classificá-los conforme a legislação, há termos especificados no Quadro 2, que merecem discussão.

A Resolução CRH nº 141/2014, que Institui o Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Rio Grande do Sul, considera águas subterrâneas, como sendo as águas que se infiltraram no solo e que penetraram, por gravidade, em camadas profundas do subsolo, atingindo a zona de saturação, que é aquela em que os poros e interstícios do subsolo estão completamente ocupados pela água. E considera corpo de água, como sendo uma denominação genérica para qualquer manancial hídrico, curso d'água, trecho de rio, reservatório artificial, natural, lago, lagoa ou aquífero. Sendo que o termo aquífero, é tratado pela Lei nº 15.434/2020, que Institui o Código Estadual do Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul, como sendo água subterrânea estabelecida em uma formação suficientemente porosa de rocha permeável, capaz de armazenar e fornecer quantidades significativas de água.

Há uma divergência desses conceitos com a realidade observada em Santa Maria, pois observou-se que a água subterrânea não necessariamente é de camadas profundas do subsolo; e um corpo de água, não necessariamente é um aquífero, pois a saturação pode ocorrer em outro tipo de formação hidrogeológica, como um aquífero e aquíclode.

Esses conceitos expostos pelo Governo do Estado Rio Grande do Sul, são diferentes dos conceitos expostos pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos, que define na Resolução nº 15/2001, que águas subterrâneas são as águas que ocorrem naturalmente ou artificialmente no subsolo; sem expressar “camadas profundas”, o que condiz com a realidade observada na cidade e é mais condizente com os conceitos técnicos já discutidos. E também define corpo hídrico subterrâneo, como volume de água armazenado no subsolo; sem elencar com “aquífero”, o que condiz com a realidade observada na cidade e é mais condizente com os conceitos técnicos. O Conselho Nacional de Recursos Hídricos, também conceitua o aquífero, esse como sendo um corpo hidrogeológico com capacidade de acumular e transmitir água através de seus poros, fissuras ou espaços resultantes da dissolução e carreamento de materiais rochosos.

Portanto, considerando os conceitos legais abordados pelo Governo do Estado do Rio Grande do Sul e elencando com as demais legislações Estaduais (Lei nº 10.350/1994; Decreto nº 42.047/2002; e Decreto Nº 58.058/2025), só há necessidade de outorga para casos que se enquadrem como aquífero e em camadas profundas, divergindo da realidade observada na cidade de Santa Maria, RS, portanto pela legislação do RS, nessa situação, nenhum dos casos observados depende de outorga; cabendo ainda destacar a dispensa para captações com vazão média mensal de 2m³/dia (Rio Grande do Sul, 2002).

O Conselho Nacional de Recursos Hídricos, no Art. 8º da Resolução nº 15/2001, diz que as interferências nas águas subterrâneas identificadas na implementação de projetos ou atividades deverão estar embasadas em estudos hidrogeológicos necessários para a avaliação de possíveis impactos ambientais; cabe lembrar aqui o conceito abordado por essa resolução, considerando água subterrânea, as “águas que ocorrem naturalmente ou artificialmente no subsolo”.

Estudos hidrogeológicos são essenciais, bem como a elaboração do projeto de retirada de água do subsolo, situação que não foi percebida em Santa Maria, RS, e cabe ao Órgão Público Municipal, no caso a Secretaria responsável pela análise e aprovação de projeto de edificação urbana, alterar essa realidade, exigindo os devidos estudos nos requerimentos de aprovação de projetos de edificação com subsolo, para que, a partir desses, sejam determinadas as medidas a serem tomadas. Entende-se que mesmo que uma captação

de água subterrânea seja enquadrada como “insignificante”, como o definido pelo Artigo 19 do Decreto Estadual nº 42.047/2002, o projeto hidrogeológico e o monitoramento são essenciais para um bom planejamento regional, inclusive em se pensando a médio e longo prazo. Pois, se hoje, o que pode ser considerado insignificante para uma região em que uma edificação está realizando essa interferência mínima; o entendimento e os impactos podem ser completamente diferentes, pensando-se em conjunto, se várias edificações em um mesmo raio de abrangência, estiverem realizando essa mesma prática; ou seja, dependendo das características hidrogeológicas da região, o “insignificante” podem vir a se tornar um problema. Portanto, é importante que o projeto e o monitoramento individual de cada edificação, em relação a retirada de água do subsolo, seja realizado pelos entes privados (construtoras, incorporadoras, condôminos...) e gerenciados em conjunto pelo órgão público, para que possam regulamentar o meio urbano para o uso adequado e minimizar os riscos de impactos adversos futuros.

É importante também prever alternativas para o destino dessas águas, pois atualmente está ocorrendo o descarte nas sarjetas das ruas da cidade, na rede pluvial e nas drenagens mais próximas. O órgão público deve incentivar/exigir a adoção de usos previstos na ABNT NBR 16782/2019, que trata sobre a conservação de água em edificações - Requisitos, procedimentos e diretrizes; e na ABNT NBR 16783, que trata sobre uso de fontes alternativas de água não potável em edificações. Ambas as NBR,s abordam a questão da água oriunda do rebaixamento do nível de água subterrânea, como possibilidade de utilização como fonte alternativa de água não potável, necessário para otimizar o uso dos recursos hídricos disponíveis, a favor da viabilidade de centros urbanos, com melhoria da gestão da água, focando na redução do consumo de água potável através do uso de água não potável em processos específicos, ou seja, usando a água menos nobre para fins menos nobres (NBR 16782/2019).

Previendo usos para essas águas, além do benefício de reduzir o uso de água potável para fins menos nobres, evita-se o descarte nas sarjetas, ação essa, que é cada vez mais visível nas ruas da cidade. Essas ações, também causam situações desagradáveis, que envolvem: incômodos com vizinhos com a água diariamente escorrendo na frente de suas moradias, quando não há rede pluvial próxima; desgaste do pavimento; constantes fluxos de água nas drenagens efêmeras da cidade, que muitas vezes acabam sendo confundidas pelos órgãos ambientais com cursos de água perene ou intermitentes; bem como problemas nas redes pluviais que não são dimensionadas para tal recebimento constante de fluxo, que

associado aos períodos de maior precipitação, podem não serem suficientes para dar a vazão necessária nos bairros, causando alagamentos.

7 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos através dos ensaios de campo envolvendo a análise de permeabilidade dos solos e eletrorresistividade, bem como análise granulométrica em laboratório, demonstraram que predomina no perímetro urbano de Santa Maria, RS, solo/subsolo com características hidrogeológicas de aquíclode; seguido de uma transição entre aquíclodo e aquífero. Todos os ensaios realizados foram compatíveis, justificando e corroborando os resultados obtidos com a pesquisa que foi realizada na aquisição de dados secundários e visitas técnicas em obras e edificações, da presença de água em profundidades facilmente atingidas pela construção civil. As informações coletadas permitiram a identificação de casos em que ocorre a necessidade de retirada de água subterrânea de um meio saturado para viabilizar o uso do subsolo em edificação urbana e os ensaios de campo e laboratório, corroboram e justificam essa situação.

As informações reunidas no presente trabalho, mostram ser imprescindível o desenvolvimento de uma ferramenta municipal de gerenciamento da interferência nas águas contidas no meio saturado subterrâneo, para o desenvolvimento da construção civil no meio urbano de Santa Maria, RS, devido a vários aspectos, tanto ambientais, sociais e geotécnicos, que estão intimamente correlacionados. Dados individuais de uma obra/edificação, podem ser reunidos em um banco de dados para serem diretamente aplicados no planejamento urbano; podem ser aplicadas técnicas geoestatísticas para determinar as características de áreas pouco ou não amostradas, permitindo um mapeamento da cidade, avaliando diferentes características quanto a geologia e nível de água subterrânea, permitindo uma visão preliminar de cada área. Isso pode ser utilizado para planejamento de áreas que futuramente venham a receber obras com interferência em subsolo, identificando medidas a serem adotadas para minimizar os impactos adversos. E mantendo um histórico, é possível uma avaliação desse processo, auxiliando profissionais da área e órgãos públicos ao planejamento urbano, compreendendo as variações dos níveis de água subterrânea ao longo do tempo, de acordo com o avanço das obras subterrâneas, que tendem a ser cada vez mais constantes, dando subsídios para exigências de medidas mitigadoras aos impactos adversos.

A partir desse trabalho, espera-se contribuir para a visão da necessidade de elaboração de projetos e avaliação de obras/empreendimentos que envolvam subsolo,

voltado com o intuito de planejamento e monitoramento da retirada de água, visando não só um melhor destino para esse recurso, mas a prevenção e minimização de impactos adversos de médio à longo prazo na cidade de Santa Maria, RS; além da importância na revisão dos termos e conceitos abordados pelo Estado do Rio Grande do Sul.

Este trabalho avaliou que ocorre bombeamento temporário e permanente de água nas obras e edificações no perímetro urbano de Santa Maria, RS e essa atividade se configura perante a literatura e tecnicamente como rebaixamento do nível de água subterrânea, mesmo que os responsáveis pelas edificações não a enquadram como tal. Os conceitos e orientações técnicas relativos à atividade de rebaixamento do nível de água subterrânea para a construção civil foram esclarecidos, mostrando a necessidade de estudos e projetos detalhados, mas constatou-se uma divergência com a realidade praticada em Santa Maria, RS, visto que é uma atividade não projetada e sim decidida e implantada diretamente no canteiro de obras.

O esclarecimento legal ocorreu e mesmo que pela literatura e tecnicamente as práticas observadas em Santa Maria, RS façam parte de métodos aplicados para rebaixar e controlar o nível de água subterrânea (meio saturado) e portanto, são atividades que alteram o regime, a quantidade ou a qualidade da água existente em um corpo hídrico subterrâneo, não é uma prática que depende de outorga, se observado os conceitos adotados pela legislação do Rio Grande do Sul. Os conceitos Estaduais remetem a necessidade de outorga somente para as interferências ocorridas em “águas subterrâneas, aquíferos, corpo de água”, sendo esses termos elencados pelas legislações em vigor no Estado, como as águas existentes em camadas profundas do subsolo, formação suficientemente porosa de rocha permeável, capaz de armazenar e fornecer quantidades significativas de água. E as interferências ocorridas que foram observadas na cidade, não são necessariamente de aquífero, ocorrem em aquíclude e na transição entre aquífero e aquíclude, em camadas não profundas do subsolo. Diferentemente disso, os conceitos abordados nacionalmente são mais condizentes com os conceitos literários e técnicos e mais compatíveis com a realidade hidrogeológica de Santa Maria, RS, não referenciando aos termos “camadas profundas” e “quantidades significativas de água”, visto que são relativos.

Foram observados e identificados diferentes tipos de forma de captação de água e retirada do meio de interesse (subsolo), que envolvem abertura de valetas ou cavas a céu aberto ou bombeamento direto superficial, drenos linear por gravidade, drenos lineares com

bombeamento, poços de bombeamento (temporário e permanente) e até galeria de drenagem com bombeamento. São técnicas previstas pela literatura que têm como função manter controlado, rebaixado o nível de água e em Santa Maria, RS, ocorrem para viabilizar as escavações/perfurações e garagens de subsolo.

Portanto, os objetivos foram cumpridos e, além disso, evidenciou-se a importância de uma mudança imediata na forma como essas técnicas vêm sendo aplicadas, pois se o crescimento verticalizado continuar expandindo na cidade - e isso já é um fato, a ausência de estudos/projetos/avaliações sobre os raios de influência decorrentes do rebaixamento do nível de água subterrânea, embasados em critérios hidrogeológicos, pode resultar, a médio e longo prazo, em impactos adversos significativos.

O rebaixamento no nível de água subterrânea na construção civil é uma prática que está ocorrendo, porém de maneira descontrolada/desconhecida, o que reforça a necessidade de monitoramento com identificação dos volumes de água captados do subsolo e descartados, de forma que seja possível analisar os impactos e prever medidas para controle, mitigação ou compensação. É fundamental que órgãos públicos, construtores, incorporadores e profissionais da área se conscientizem e busquem conciliar o desenvolvimento urbano com a preservação dos recursos hídricos, garantindo não apenas a proteção ambiental, mas também a segurança e o bem-estar da sociedade.

REFERÊNCIAS

- ALONSO, Urbano Rodriguez. **Rebaixamento temporário de aquíferos**. 1. ed. São Paulo: Tecnogeo, 1999. 131 p.
- ALONSO, Urbano Rodriguez. **Rebaixamento temporário de aquíferos**. 2. ed.rev.e atual - São Paulo: Oficina de Textos, 2018. 152 pg.
- ALONSO, Urbano Rodriguez. **Talk Impactos do rebaixamento de níveis freáticos**. São Paulo: Ofitexto Talk, 2017.
- ALONSO, Urbano Rodriguez. **Rebaixamento temporário de aquíferos e controle de percolação de água**. Apresentação Geotecnia & Brasil - Transmitido ao vivo em 10 de mar. de 2022. Disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=F9wNewSuIhw>>.
- ALONSO, Urbano Rodriguez. **Impactos do rebaixamento do nível freático (estudo de caso)**. OfitextoTalk, gravado em 21 de junho de 2017. Disponível em <<https://www.ofitexto.com.br/impactos-do-rebaixamento-de-niveis-freaticos-estudo-de-caso/p>>.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6484:2020 - Solo - Sondagem de simples reconhecimento com SPT - Método de ensaio**. Rio de Janeiro, 2020.
- BARROS, José Maria de Camargo. **Rebaixamento do lençol freático em obras civis na cidade de São Paulo e seu impacto em edificações vizinhas**. Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT - Comunicação Técnica 174324 - Palestra apresentada na Semana das Engenharias, 4, 2016, Sorocaba. Disponível em <<https://escriba.ipt.br/pdf/174324.pdf>>. Acesso em 01/11/2025.
- BHVVM, Bacia Hidrográfica dos Rios Vacacaí – Vacacaí-Mirim. **Planos de Bacia do Departamento de Gestão de recursos hídricos e saneamento - Fase A- Diagnóstico**. Outubro, 2021. 372 pg.
- BORRALHO, Miguel Faria Martins. **Modelação numérica do rebaixamento do nível freático em obras geotécnicas**. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil (Perfil de Geotecnia). Faculdade de Ciências e Tecnologia - Universidade Nova de Lisboa, 2013.
- BOSCOV, Maria Eugênia Gimenez. **Geotécnica Ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 248 pg.
- BRAGA, Antonio Celso de Oliveira. **Geofísica aplicada: métodos geoeletricos em hidrogeologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2016. 159 p.
- BRAGA, Antonio Celso de Oliveira. **Métodos da eletrorresistividade e polarização induzida aplicados nos estudos da captação e contaminação de águas subterrâneas: uma abordagem metodológica e prática**. Tese apresentada ao concurso público para obtenção do título de Livre-Docente na disciplina “Métodos Geoeletricos Aplicados à Hidrogeologia” do Programa de Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente do Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista. Rio Claro, 2006. Disponível em <<https://pt.scribd.com/document/478800573/braga-aco-ld-rcla-pdf>>. Acesso em 15 de outubro de 2025.

BRASIL. CONSTITUIÇÃO DA REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL DE 1988. Brasília, 5 de outubro de 1988.

BRASIL. **Lei Nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasília, DF: Diário Oficial da União, de 9.1.1997.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 396, de 3 de abril de 2008**. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências.

BRASIL. **Resolução Nº 15, de 11 de janeiro de 2001**. Conselho Nacional de Recursos Hídricos

BRASIL. Resolução Nº 16, de 8 de maio de 2001. Conselho Nacional de Recursos Hídricos

BUENO, J.M.M. et al. **Solos com gradiente textural da Depressão Central do Rio Grande do Sul**. Livro Compendio de Solo, 2024. Scribd. Disponível em <<https://pt.scribd.com/document/714471205/2024-livro-compedio-de-solos>>. Acesso em 20/05/2025.

CEMADEN. **Mapa Interativo da Rede Observacional para Monitoramento de Risco de Desastres Naturais do Cemaden** <<https://mapainterativo.cemaden.gov.br/#>>.

CEMETRS - Centro Estadual de Meteorologia - **Atlas Climático do Rio Grande do Sul**. Governo do Estado do Rio Grande do Sul - Centro Estadual de Meteorologia, 2005. 185 p. Disponível em <<https://www.agricultura.rs.gov.br/upload/arquivos/202005/13110034-atlas-climatico-rs.pdf>> Acesso em 12 de junho de 2025.

CHIOSSI, Nivaldo José. **Geologia de engenharia**. 3ª Ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2013. 424 p.

COELHO, N.A.L **Hidrogeologia de Encosta na interface com a Geomorfologia**. In: Guerra, A.J.T. Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos. Rio de Janeiro: Bertrand, Brasil.

CPRM - **Carta Geológica Folha SH-22-V-C-IV Santa Maria**. Escala 1:100.000. Programa Geologia do Brasil, 2016.

CPRM - **Mapa Hidrogeológico Folha Santa Maria - SH.22-V-C-IV**. Escala 1:100.000. Projeto Mapas de Previsão de Recursos Hídricos Subterrâneos, 1994.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil. **Geologia e Recursos Minerais da Folha Santa Maria – SH.22-V-C-IV, estado do Rio Grande do Sul, escala 1:100.000**. Organizadores Michel Marque Godoy; Oscar L. Bertoldo Scherer; Raquel Barros Binotto; Edio-Ernst Kischlat; Ana Maria Dreher. Porto Alegre: CPRM , 2018. 179 p.

CPRM - **Mapa Hidrogeológico do Estado do Rio Grande do Sul**. Escala 1:750.000. Projeto Mapa Hidrogeológico do Rio Grande do Sul, 2005.

CRAIG, R.F. **Mecânica dos solos**. Rio de Janeiro: LTC, 2007. 7ª ed. 365 pg.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos** – 5. ed., rev. e ampl. – Brasília, DF : Embrapa, 2018. 356 p.

FALCONI, Frederico; et al. **Fundações: teoria e prática**. 3ª Edição- São Paulo. oficina de Textos, 2019. 66 pg.

FAPESP. **A permeabilidade do solo**. Revista Edição 346, dezembro, 2024. Disponível em <<https://revistapesquisa.fapesp.br/novo-equipamento-deve-ampliar-conhecimento-sobre-solos-brasileiros/>>. Acesso em 15 de junho de 2025.

FEITOSA, F.A.C et. al. **Hidrogeologia: conceitos e aplicações**. 3. ed. rev.ampl. - Rio de Janeiro: CPRM: LABHID, 2008. 812 p.

FILHO, C. L.M.; NUMMER, A.V. **Introdução à Geologia de Engenharia**. 4ª ed. rev.ampl. - Santa Marai: Ed. da UFSM, 2011. 392 p.

FREEZE, A.R; CHERRY, J.A. **Água subterrânea**. Tradução de Everton de Oliveira - São Paulo, 2017. 698 pg. Traduzido de Groundwater.

GAIOTO, Nélio. **Rebaixamento do lençol freático**. Universidade de São Paulo - Departamento de Geotecnia - São Paulo, 1997. (apostila)

GIAMPÁ, C.E.Q; GONÇALVES, V.G. **Águas subterrâneas e poços tubulares profundos**. São Paulo: Signus Editora, 2006. 502 pg.

GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B. **Geomorfologia - Uma atualização de bases e conceitos**. 8ª Edição - Rio de Janeiro: Bertrands Brasil, 2008. 472 p.

IBGE - **Mapa Hidrogeológico Região Sul**. Escala 1:1.700.000. IBGE, 2015.

ILP, Instituto do Legislativo Paulista. **Impactos da Construção de Edificações no Lençol Freático e nos Aquíferos Urbanos**. Vídeo de 21 de junho de 2022. Disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=DXhf6lc90yo>>.

IPLAN - **Mapa do Município de Santa Maria - 1º Distrito - Sede**. Instituto de Planejamento de Santa Maria/Prefeitura Municipal de Santa Maria, 2023.

IRIS INSTRUMENTS. **Syscal Pro**. s.d Disponível em <<https://www.iris-instruments.com/syscal-pro.html>>. Acesso em 20/06/2025.

JORGE, Humberto. **Rebaixamento Temporário de Aquíferos**. Scribd, 2018. Disponível em <<https://pt.scribd.com/document/395507345/Rebaixamento-Temporario-de-Aquiferos>>. Acesso em 20 de março de 2025.

JORNAL. O Estado de S. Paulo. Cidades. **Nos Jardins, água do lençol freático é desperdiçada**. Edição de 01 de Maio de 2007 - Pg. 28. Obtido em <<https://acervo.estadao.com.br/pagina/#!/20070501-41468-nac-28-cid-c1-not>>

JORNAL. Diário de Santa Maria, 2025. **Top 5: Saiba quais são os prédios mais altos da cidade**. Edição de 23 de Setembro de 2025 - Pg. 5.

KEAREY, P.; et al. **Geofísica de exploração**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. 438 p.

KLOPP, Hans. **How soil holds water**. South Dakota State University, 2024. Disponível em <<https://extension.sdstate.edu/how-soil-holds-water#:~:text=Solos%20arenosos%20apresentam%20baixa%20reten%C3%A7%C3%A3o,mat%C3%A9ria%20org%C3%A2nica%20apresentam%20maior%20reten%C3%A7%C3%A3o.>>.

MACHADO, J.V; LOBATO, P. Lajes de subpressão, piscinas, reservatórios, caixas d'água. Apostila UDC, 2024. Disponível em <<https://pt.scribd.com/presentation/816574260/Lajes>> Acesso em 21 de maio de 2025.

MANZIONE, Rodrigo Lilla. **Águas subterrâneas: Conceitos e Aplicações sob uma visão Multidisciplinar**. Jundiaí, Paco Editorial, 2015.

Microtrac Retsch GmbH. Analisador de tamanho de partículas S3500. **Manual**. Disponível em <<http://asi-team.com/asi%20team/Microtrac/Microtrac%20S3500.pdf>>. Acesso em 13 de novembro de 2025.

MILITITSKY, Jarbas. **Grandes escavações em perímetros urbanos**. São Paulo, Oficina de Textos, 2016. 144 pg

MINISTÉRIO PÚBLICO, **PROCESSO Nº 5001152-77.2008.8.21.0027**. Ação Civil Pública Cível. Data de autuação: 29/12/2008.

MSRS, **Museu de Solos do Rio Grande do Sul**. Departamento de solos da UFSM, Santa Maria s.d. Disponível em <<https://www.ufsm.br/museus/msrs/solos-brasileiros>>. Acesso em 02 de junho 2025.

NORMA ABGE: **107/2024: ensaios de permeabilidade em solos utilizando furo de sondagem, poço, cava, slug test e anel duplo: procedimentos para execução e interpretação de resultados**. 1 ed. São Paulo: ABGE, 2024.

NORMA ABNT: **NBR 7117-1: Parâmetros do solo para projetos de aterramentos elétricos**. Parte 1: Medição da resistividade e modelagem geoeletrica. Versão 03 de novembro de 2021.

NORMA ABNT: **NBR 6484:2020 - Solo - Sondagem de simples reconhecimento com SPT - Método de ensaio**. 2 ed. 28 de outubro de 2020.

OLIVEIRA, A. M. S.; BRITO, S. N. A. **Geologia de Engenharia**. ABGE. 526 p. Disponível em <<https://pt.scribd.com/document/492899441/Geologia-de-Engenharia-ABGE#page=311>>. Acesso em 01/10/2025.

PEDRON, Fabricio de Araújo. **Classificação do potencial de uso das terras no perímetro urbano de Santa Maria - RS**. UFSM, 2025. Disponível em <<https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/5469/FABRICIO%20PEDRON.pdf?sequenc e=1&isAllowed=y>> . Acesso em 20/05/2025.

PEDRON, F. A.; PEREIRA, M. G. **Compêndio de solos do Brasil** [livro eletrônico] : volume 1, 1. ed. -- Santa Maria, RS : Núcleo Regional Sul da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2024. PDF. Disponível em <<https://pt.scribd.com/document/714471205/2024-livro-compedio-de-solos>>. Acesso em 02/05/2025

PIRES, C. A. F.; ASTA, A. P. D. **Zoneamento Geoambiental do Perímetro Urbano de Santa Maria - RS, Brasil.** CAMINHOS DE GEOGRAFIA - Uberlândia, v. 12, n. 40, p. 278–290, 2011 revista online, 2011. Disponível em <<https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/16496>>. Acesso em 09/05/2025.

RIO GRANDE DO SUL. **Decreto Nº 58.058, de 11 de março de 2025.** Dispõe sobre o regime de outorga do direito de uso de recursos hídricos previsto nos arts. 29 a 31 da Lei nº 10.350, de 30 de dezembro de 1994. Estado do Rio Grande do Sul, Diário Oficial do Estado 12.3.2025

RIO GRANDE DO SUL. **Decreto Nº 42.047, de 26 de Dezembro de 2002.** Regulamenta disposições da Lei nº 10.350, de 30 de dezembro de 1994, com alterações, relativas ao gerenciamento e à conservação das águas subterrâneas e dos aquíferos no Estado do Rio Grande do Sul. Estado do Rio Grande do Sul, Diário Oficial do Estado de 27.12. 2002

RIO GRANDE DO SUL. **Lei Nº 10.350, de 30 de dezembro de 1994.** Institui o Sistema Estadual de Recursos Hídricos, regulamentando o artigo 171 da Constituição do Estado do Rio Grande do Sul. Estado do Rio Grande do Sul, Diário Oficial do Estado, de 1.1.1995.

RIO GRANDE DO SUL. **Lei Nº 15.434, de 9 de janeiro de 2020.** Institui o Código Estadual do Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul. Estado do Rio Grande do Sul, Diário Oficial do Estado, de 7.10.2020.

RIO GRANDE DO SUL. **Resolução CRH nº 141, de 21 de março de 2014.** Institui o Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Rio Grande do Sul - PERH/RS. Estado do Rio Grande do Sul, Diário Oficial do Estado 21.03.2014

ROSENBERRY, D.O., and LABAUGH, J.W. **Field techniques for estimating water fluxes between surface water and ground water:** U.S. Geological Survey Techniques and Methods 4–D2, 2008. 128 p.

SANTOS, Álvaro Rodrigues dos. **Geologia de engenharia : conceitos, método e prática .** 4a ed. rev. e ampl. — São Paulo — 2023. 273 pg.

SANTOS, Álvaro Rodrigues dos. **Cidades & Geologia: discussão técnica e proposições de projetos de lei de grande interesse para as populações urbanas.** São Paulo: Editora Rudder, 2017. 136p.

SÃO PAULO. **Lei Nº 16.402, de 22 de março de 2016.** Disciplina o parcelamento, o uso e a ocupação do solo no Município de São Paulo, de acordo com a Lei nº 16.050, de 31 de julho de 2014 – Plano Diretor Estratégico (PDE). Publicado no Diário Oficial da Cidade de São Paulo 22.03.2016.

SÃO PAULO. **Lei Nº 18.081, de 19 de janeiro de 2024.** Dispõe sobre a revisão parcial da Lei nº 16.402, de 22 de março de 2016, visando à compatibilização de seu texto original com as supervenientes alterações decorrentes da promulgação da Lei nº 17.975, de 8 de julho de 2023 – Revisão Intermediária do Plano Diretor Estratégico do Município de São Paulo, nos termos da previsão de seu art. 126, e dá outras providências. Publicado no Diário Oficial da Cidade de São Paulo 19.01.2024.

SÃO PAULO. **Decreto Nº 63.423, de 21 de maio de 2024.** Aprova a Carta Geotécnica de Aptidão à Urbanização do Município de São Paulo de 2024 - CGAU/MSP, para fins de

atualização e aprimoramento técnico das informações constantes da Carta Geotécnica do Município de São Paulo de 1992, e dá outras providências. Publicado no Diário Oficial da Cidade de São Paulo 21.05.2024.

SCIVETTI, N.; BAHÍA, M.E.; SPAGNUOLO, J. O. **Manual de geofísica y métodos geofísicos**. 1a edición para el alumno - Bahía Blanca: Editorial de la Universidad Nacional del Sur. Ediuns, 2021.

SEMA - RS. **Outorga**. Disponível em <<https://www.sema.rs.gov.br/outorga>>. Acesso em 21 de maio de 2025.

SGB Serviço Geológico do Brasil - Ministério de Minas e Energia, 2010. Disponível em <<https://www.sgb.gov.br/aquiferos>>. Acesso em 30 de abril de 2025.

SILVA, J.L.S. et al. **Características morfológicas do membro Alemoa, Formação Santa Maria, Rio Grande do Sul**. VIII Reunião Sul Brasileira de Ciências do Solo. Santa Maria, 2010.

SIOUT, Sistema de Outorga de Água do Rio Grande do Sul. Disponível em <<http://www.siout.rs.gov.br/consulta/#/>>. Acesso em 26 de março de 2025.

SOILMOISTURE EQUIPMENT CORP. **Operating Instructions Guelph Permeameter**. Santa Barbara, CA, 2012. Disponível em <https://soilmoisture.com/wp-content/uploads/2024/07/Resource_Instructions_0898-2800_2800K1-Guelph-Permeameter-.pdf>. Acesso em 14 de junho de 2025.

SOIL MOISTURE EQUIPMENT CORP. **Software Downloads, Guelph Permeameter - K-sat**. Santa Barbara, CA, 2023. Disponível em <<https://soilmoisture.com/resources/software-downloads/>>. Acesso em 14 de junho de 2025.

SOTO, Miguel Angel Alfaro. **Estudo da condutividade hidráulica em solos não saturados**. São Carlos, 1999. Disponível em <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18132/tde-12062018-163542/publico/Dissert_AlfaroSoto_MiguelA.pdf>. Acesso em 14 de junho de 2025.

SOUZA, L.A.P., GANDOLFO, O.C.B. **Geofísica aplicada à geologia de engenharia e meio ambiente: manual de boas práticas**. 1 ed. São Paulo: ABGE, 2021. 155 pg.

STEIN, Ronei Tiago. **Geotecnia Aplicada**. Soluções Educacionais Integradas, SAGAH, 2023. Disponível em <<https://pt.scribd.com/document/626007656/LIVRO-GEOTECNIA-APLICADA>>. Acesso em 08/10/2025.

SUGUIO, Kenitiro. **Geologia Sedimentar**. São Paulo: Blucher, 2003. 400 pg.

SUPO, Kathia Cecília López. **Desenvolvimento de permeâmetro de vazão constante de campo**. Dissertação de Mestrado Engenharia Civil - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, - PUC RJ, 2008. Disponível em <<https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/colecao.php?strSecao=resultado&nrSeq=13449&idi=1>> Acesso em 13 de junho de 2025.

UNIVERSITY OF WATERLOO. **The Guelph Permeameter.** Faculty of Engineering. Department of Civil and Environmental Engineering, 2020. Vídeo disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=QYOW2eANnzo>>. Acesso em 14 de junho de 2025.

WITER, T.C; et al. **Ground Water and Surface Water: a single resource.** U.S. Geological Survey Circular 1139. Denver Colorado, 1999

ANEXOS

Anexo 1 - Lista SIOUT - cadastros existentes de pedido de rebaixamento de nível de água subterrânea para Santa Maria/RS. Disponível em <<http://www.siou.rs.gov.br/consulta/#/>>. Data da consulta: 26 de março de 2025.

Anexo 2 - Carta Geológica Folha SH-22-V-C-IV Santa Maria (CPRM, 2016) com o perímetro urbano delimitado.

Anexo 3 - Planilha ensaio de campo permeâmetro de Guelph

Anexo 4 - Planilha de cálculos - condutividade hidráulica

Anexo 5 - Tabela geral com as principais informações coletadas: número do relatório/área; unidade litoestratigráfica a que pertence a área; resumo do laudo ou descrição de relato obtido; sondagem ou ponto geral; profundidade da sondagem ou profundidade máxima de interferência e nível da água em metros quando identificado (N.A.).

ANEXO 1 - ATIVIDADES DE REBAIXAMENTO DO NÍVEL DE ÁGUA SUBTERRÂNEA EM SANTA MARIA, RS (SIOUT - RS)

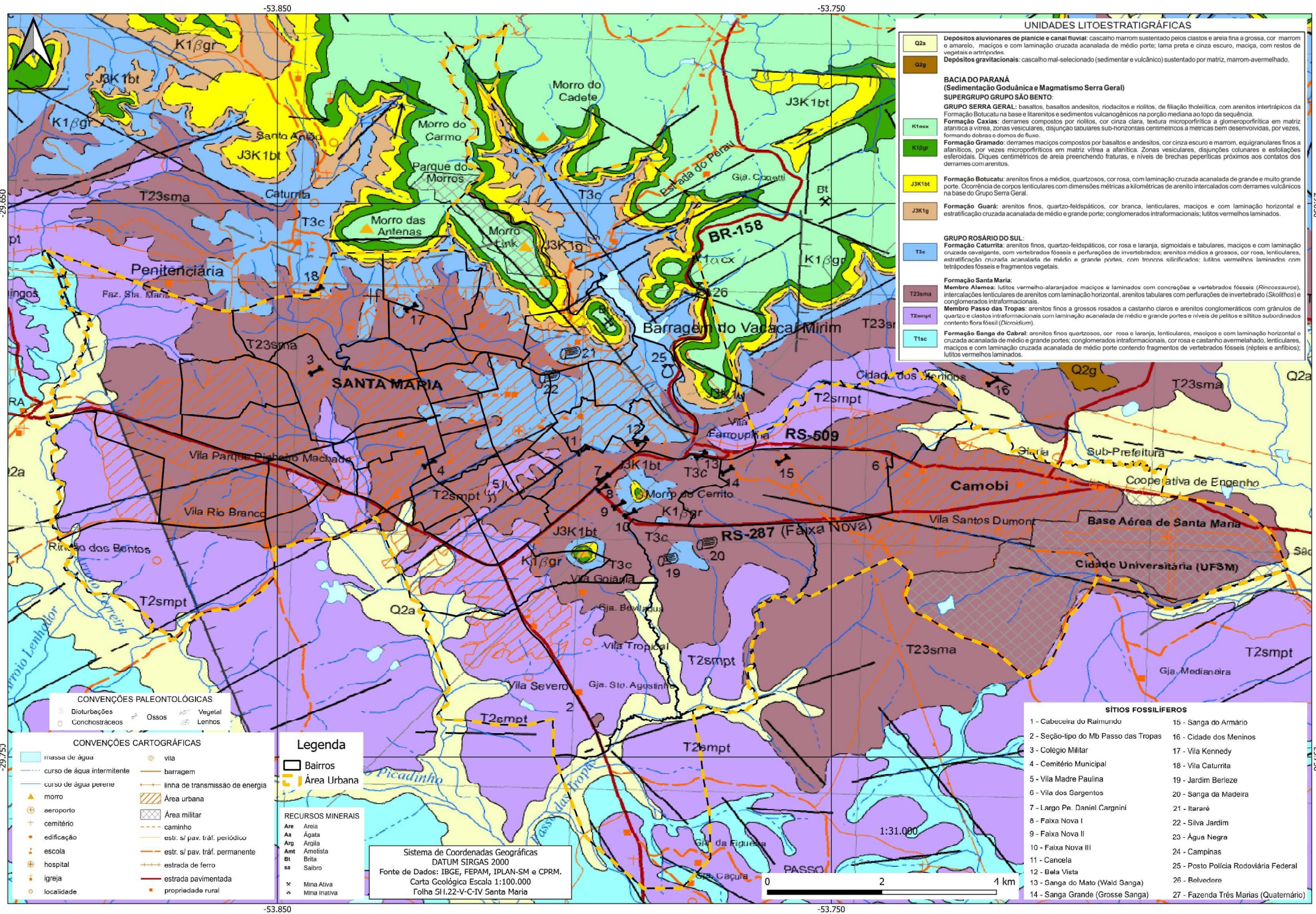
| Número do cadastro | Número da portaria | Nome do usuário de água | Natureza da intervenção | Tipo da Fonte de Captação | Tipo de Intervenção | Classificação | Status | Observação | Data de início do cadastro | Data de saída do processo | Vazão média | Vazão máxima | Unidade de medida do vazão | Volume normal armazenado (m³) | Finalidades de Uso | Bacia Hidrográfica | Corpo Hídrico | Sistema Aquífero | Município | Nome da Geometria | Latitude | Longitude | Latitude (ponto final) | Longitude (ponto final) |
|--------------------|--------------------|---|-------------------------|---------------------------|---|---------------|--------------------|------------|----------------------------|---------------------------|-------------|--------------|----------------------------|-------------------------------|--------------------|--------------------|---------------|------------------|-------------|-------------------|----------|-----------|------------------------|-------------------------|
| 2025/003.584 | - | ONEIDE SILVEIRA GUERRA ME | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Cadastro | Aguardando análise | - | 25/02/2025 | 26/02/2025 | 640 | 640 | m³/s | 0 | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - | - |
| 2025/000.013 | - | GUERRA EXTRAÇÃO E COMERCIO DE AREA LTDA | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Cadastro | Aguardando análise | - | 02/01/2025 | 02/01/2025 | 689,36 | 689,36 | m³/s | 0 | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - | - |
| 2024/017.570 | - | ONEIDE SILVEIRA GUERRA ME | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Cadastro | Aguardando análise | - | 03/10/2024 | 03/10/2024 | 640 | 640 | m³/s | 0 | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - | - |
| 2024/013.710 | - | ONEIDE SILVEIRA GUERRA ME | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Cadastro | Em andamento | - | 15/08/2024 | - | - | - | - | 0 | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - | - |
| 2024/013.660 | - | O MINERAÇÃO E TRANSPORT ES LTDA. | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Cadastro | Aguardando análise | - | 15/08/2024 | 16/08/2024 | 720 | 720 | m³/s | 0 | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - | - |
| 2024/010.591 | 001.005/2025 | Comercial de Fincas Passo do Verde | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Outorga | Concedida | - | 01/07/2024 | 19/02/2025 | 112,5 | 112,5 | m³/s | 0 | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - | - |
| 2024/007.100 | 003.605/2024 | TARCISIO ANDRÉ DA SILVA VIEIRA | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Outorga | Concedida | - | 22/04/2024 | 10/09/2024 | 400 | 400 | m³/s | 0 | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - | - |
| 2023/027.597 | 004.861/2024 | B. T. S. TRANSPORT E E PRESTACAO DE SERVICIO LTDA | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Outorga | Concedida | - | 12/12/2023 | 19/11/2024 | 400 | 400 | m³/s | 0 | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - | - |
| 2023/027.591 | 004.860/2024 | B. T. S. TRANSPORT E E PRESTACAO DE SERVICIO LTDA | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Outorga | Concedida | - | 12/12/2023 | 19/11/2024 | 400 | 400 | m³/s | 0 | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - | - |
| 2023/026.608 | 004.859/2024 | B. T. S. TRANSPORT E E PRESTACAO DE SERVICIO LTDA | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Outorga | Concedida | - | 30/11/2023 | 19/11/2024 | 400 | 400 | m³/s | 0 | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - | - |
| 2023/024.230 | 002.359/2024 | GUERRA EXTRAÇÃO E COMERCIO DE AREA LTDA | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Outorga | Concedida | - | 01/11/2023 | 25/06/2024 | 689,36 | 689,36 | m³/s | 0 | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - | - |
| 2023/022.585 | 001.844/2024 | GUERRA EXTRAÇÃO E COMERCIO DE AREA LTDA | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Outorga | Concedida | - | 12/10/2023 | 26/04/2024 | 1007,472 | 1007,472 | m³/s | 0 | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - | - |
| 2023/018.067 | 006.624/2023 | CENTRALSU L COMERCIO DE AREA LTDA | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Outorga | Concedida | - | 18/08/2023 | 26/12/2023 | 742,4 | 742,4 | m³/s | 0 | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - | - |
| 2023/018.066 | 006.622/2023 | CENTRALSU L COMERCIO DE AREA LTDA | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Outorga | Concedida | - | 18/08/2023 | 26/12/2023 | 742,4 | 742,4 | m³/s | 0 | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - | - |
| 2023/017.972 | 006.620/2023 | CENTRALSU L COMERCIO DE AREA LTDA | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Outorga | Concedida | - | 17/08/2023 | 26/12/2023 | 742,4 | 742,4 | m³/s | 0 | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - | - |
| 2023/017.968 | 006.621/2023 | CENTRALSU L COMERCIO DE AREA LTDA | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Outorga | Concedida | - | 17/08/2023 | 26/12/2023 | 742,4 | 742,4 | m³/s | 0 | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - | - |
| 2023/011.058 | 006.629/2023 | CENTRALSU L COMERCIO DE AREA LTDA | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Outorga | Concedida | - | 14/06/2023 | 27/12/2023 | 742,4 | 742,4 | m³/s | 0 | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - | - |
| 2023/008.159 | - | ONEIDE SILVEIRA GUERRA ME | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Cadastro | Aguardando análise | - | 28/04/2023 | 03/05/2023 | 376 | 376 | m³/s | 0 | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - | - |
| 2023/007.865 | - | ONEIDE SILVEIRA GUERRA ME | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Cadastro | Aguardando análise | - | 25/04/2023 | 25/04/2023 | 376 | 376 | m³/s | 0 | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - | - |
| 2023/002.881 | 004.322/2023 | LUIZ CARLOS BIER ME | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Outorga | Concedida | - | 16/02/2023 | 24/08/2023 | 1060,56 | 1060,56 | m³/s | 0 | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - | - |
| 2022/026.695 | 001.091/2023 | ONEIDE SILVEIRA GUERRA ME | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Outorga | Concedida | - | 08/12/2022 | 06/03/2023 | 640 | 640 | m³/s | 0 | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - | - |
| 2022/022.220 | 000.050/2025 | GUERRA E CASSANEGO O MINERAÇÃO E TRANSPORT ES LTDA. | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Outorga | Concedida | - | 13/10/2022 | 07/01/2025 | 378,8 | 378,8 | m³/s | 0 | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - | - |
| 2022/022.217 | 003.643/2023 | GUERRA E CASSANEGO O MINERAÇÃO E TRANSPORT ES LTDA. | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Outorga | Concedida | - | 13/10/2022 | 19/07/2023 | 378,8 | 378,8 | m³/s | 0 | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - | - |
| 2022/022.183 | 004.360/2023 | GUERRA E CASSANEGO O MINERAÇÃO E TRANSPORT ES LTDA. | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Outorga | Concedida | - | 11/10/2022 | 25/08/2023 | 378,8 | 378,8 | m³/s | 0 | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - | - |
| 2022/022.149 | 004.003/2023 | GUERRA E CASSANEGO O MINERAÇÃO E TRANSPORT ES LTDA. | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Outorga | Concedida | - | 11/10/2022 | 08/08/2023 | 378,8 | 378,8 | m³/s | 0 | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - | - |
| 2022/009.851 | 001.040/2023 | ALBERTANI RIBAS & CIA ARMANDO | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Outorga | Concedida | - | 26/05/2022 | 03/03/2023 | 400 | 400 | m³/s | 0 | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - | - |
| 2022/009.638 | 001.041/2023 | ALBERTANI RIBAS & CIA LTDA | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Outorga | Concedida | - | 23/05/2022 | 03/03/2023 | 400 | 400 | m³/s | 0 | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - | - |
| 2022/009.178 | 001.090/2023 | ONEIDE SILVEIRA GUERRA ME | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Outorga | Concedida | - | 18/05/2022 | 06/03/2023 | 640 | 640 | m³/s | 0 | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - | - |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------|--------------|--|------------------|------------------|---|----------|-----------|---|------------|------------|-------------|----------|------|---|---|---|---|---|---|-------------|---|---|---|---|
| 2022/001.816 | - | TARCISIO ANDRÉ DA SILVA VIEIRA | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Cadastro | Revogado | - | 31/01/2022 | 21/12/2023 | 400 | 400 | m³/s | 0 | - | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - |
| 2021/021.413 | 002.044/2022 | MÁRO PIREZ FERREIRA | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Outorga | Concedida | - | 09/12/2021 | 03/05/2022 | 1150 | 1150 | m³/s | 0 | - | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - |
| 2021/021.381 | 002.018/2022 | MÁRO PIREZ FERREIRA | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Outorga | Concedida | - | 09/12/2021 | 02/05/2022 | 1150 | 1150 | m³/s | 0 | - | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - |
| 2021/021.364 | 000.257/2022 | ONEIDE SILVEIRA GUERRAME | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Outorga | Concedida | - | 08/12/2021 | 18/01/2022 | 800 | 800 | m³/s | 0 | - | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - |
| 2021/021.361 | 002.238/2022 | STANGHERLI IN INDÚSTRIA E COMÉRCIO -EIRELI | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Outorga | Concedida | - | 08/12/2021 | 17/05/2022 | 1245 | 1245 | m³/s | 0 | - | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - |
| 2021/021.359 | 000.259/2022 | ONEIDE SILVEIRA GUERRAME | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Outorga | Concedida | - | 08/12/2021 | 18/01/2022 | 800 | 800 | m³/s | 0 | - | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - |
| 2021/021.326 | 000.258/2022 | ONEIDE SILVEIRA GUERRAME | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Outorga | Concedida | - | 08/12/2021 | 18/01/2022 | 800 | 800 | m³/s | 0 | - | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - |
| 2021/017.659 | 003.783/2021 | GUERRA EXTRAÇÃO E COMÉRCIO DE ÁREA LTDA | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Outorga | Concedida | - | 19/10/2021 | 29/10/2021 | 392,4195 | 392,4195 | m³/s | 0 | - | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - |
| 2021/014.680 | 003.663/2021 | B. T. S. TRANSPORT E E PRESTACAO DE SERVIÇO LTDA | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Outorga | Concedida | - | 06/09/2021 | 19/10/2021 | 400 | 400 | m³/s | 0 | - | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - |
| 2021/009.156 | 003.363/2021 | ONEIDE SILVEIRA GUERRAME | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Outorga | Concedida | - | 23/06/2021 | 29/09/2021 | 1000 | 1000 | m³/s | 0 | - | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - |
| 2021/009.132 | 003.397/2021 | ONEIDE SILVEIRA GUERRAME | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Outorga | Concedida | - | 23/06/2021 | 01/10/2021 | 1000 | 1000 | m³/s | 0 | - | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - |
| 2021/005.754 | 003.450/2021 | RUDINEI COMERCIO DE ÁREA EIRELI RUDINEI | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Outorga | Concedida | - | 30/04/2021 | 06/10/2021 | 601,008 | 601,008 | m³/s | 0 | - | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - |
| 2021/005.753 | 003.449/2021 | RUDINEI COMERCIO DE ÁREA EIRELI | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Outorga | Concedida | - | 30/04/2021 | 06/10/2021 | 601,008 | 601,008 | m³/s | 0 | - | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - |
| 2021/003.099 | - | ONEIDE SILVEIRA GUERRAME | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Cadastro | Revogado | - | 12/03/2021 | 03/09/2021 | 1000 | 1000 | m³/s | 0 | - | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - |
| 2021/002.594 | 004.402/2021 | Dolair Tereza Lorensi | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Outorga | Concedida | - | 01/03/2021 | 09/12/2021 | 400 | 400 | m³/s | 0 | - | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - |
| 2021/002.333 | - | Dolair Tereza Lorensi | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Cadastro | Revogado | - | 23/02/2021 | 16/03/2021 | 400 | 400 | m³/s | 0 | - | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - |
| 2021/001.915 | 002.335/2021 | COMERCIAL DE ÁREA SILVALTDA | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Outorga | Concedida | - | 11/02/2021 | 29/07/2021 | 1073,21 | 1073,21 | m³/s | 0 | - | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - |
| 2021/001.912 | 002.336/2021 | COMERCIAL DE ÁREA SILVALTDA | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Outorga | Concedida | - | 11/02/2021 | 29/07/2021 | 1073,21 | 1073,21 | m³/s | 0 | - | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - |
| 2021/001.911 | 002.337/2021 | COMERCIAL DE ÁREA SILVALTDA | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Outorga | Concedida | - | 11/02/2021 | 29/07/2021 | 1073,21 | 1073,21 | m³/s | 0 | - | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - |
| 2021/001.909 | 002.338/2021 | COMERCIAL DE ÁREA SILVALTDA | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Outorga | Concedida | - | 11/02/2021 | 29/07/2021 | 1073,21 | 1073,21 | m³/s | 0 | - | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - |
| 2021/001.310 | - | MÁRO PIREZ FERREIRA | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Cadastro | Revogado | - | 29/01/2021 | 06/07/2021 | 1000 | 1000 | m³/s | 0 | - | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - |
| 2020/025.274 | 001.730/2021 | CENTRALSU L COMERCIO DE ÁREA LTDA | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Outorga | Concedida | - | 23/12/2020 | 22/06/2021 | 1098,795 | 1098,795 | m³/s | 0 | - | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - |
| 2020/025.223 | 001.729/2021 | CENTRALSU L COMERCIO DE ÁREA LTDA | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Outorga | Concedida | - | 23/12/2020 | 22/06/2021 | 1098,795 | 1098,795 | m³/s | 0 | - | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - |
| 2020/025.197 | 001.732/2021 | CENTRALSU L COMERCIO DE ÁREA LTDA | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Outorga | Concedida | - | 23/12/2020 | 22/06/2021 | 1098,795 | 1098,795 | m³/s | 0 | - | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - |
| 2020/023.484 | - | STANGHERLI IN INDÚSTRIA E COMÉRCIO -EIRELI | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Cadastro | Revogado | - | 04/12/2020 | 04/12/2020 | 400 | 400 | m³/s | 0 | - | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - |
| 2020/023.420 | 002.501/2021 | STANGHERLI IN INDÚSTRIA E COMÉRCIO -EIRELI | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Outorga | Concedida | - | 03/12/2020 | 03/08/2021 | 400 | 400 | m³/s | 0 | - | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - |
| 2020/023.405 | 002.500/2021 | STANGHERLI IN INDÚSTRIA E COMÉRCIO -EIRELI | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Outorga | Concedida | - | 03/12/2020 | 03/08/2021 | 400 | 400 | m³/s | 0 | - | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - |
| 2020/019.229 | - | MÁRO PIREZ FERREIRA | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Cadastro | Revogado | - | 09/10/2020 | 18/06/2021 | 1000 | 1000 | m³/s | 0 | - | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - |
| 2020/019.163 | 001.688/2021 | CARUS & GUIDO LTDA -ME | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Outorga | Concedida | - | 09/10/2020 | 18/06/2021 | 132,1388889 | 135 | m³/s | 0 | - | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - |
| 2020/019.124 | 001.710/2021 | ARMANDO ALBERTINI RIBAS & CIA LTDA | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Outorga | Concedida | - | 08/10/2020 | 21/06/2021 | 400 | 400 | m³/s | 0 | - | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - |
| 2020/019.029 | 004.633/2021 | TARCISIO VIEIRA AREIRA LTDA | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Outorga | Concedida | - | 07/10/2020 | 23/12/2021 | 400 | 400 | m³/s | 0 | - | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - |
| 2020/018.707 | - | ONEIDE SILVEIRA GUERRAME | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Cadastro | Revogado | - | 02/10/2020 | 21/06/2021 | 1000 | 1000 | m³/s | 0 | - | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - |
| 2020/016.232 | 003.102/2021 | LUIZ CARLOS BIERME | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Outorga | Concedida | - | 01/09/2020 | 10/09/2021 | 400 | 400 | m³/s | 0 | - | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------|----------------|--|------------------|------------------|---|----------|------------|---|------------|------------|-------------|--------|------|---|---|---|---|---|-------------|---|---|---|---|
| 2020/016.210 | 003.103/2021 | LUIZ CARLOS BIER ME | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Outorga | Concedida | - | 01/09/2020 | 10/09/2021 | 400 | 400 | m³/s | 0 | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - |
| 2020/012.472 | 003.865/2021 | ARMANDO ALBERTANI RIBAS & CIA LTDA | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Outorga | Concedida | - | 24/07/2020 | 09/11/2021 | 400 | 400 | m³/s | 0 | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - |
| 2020/012.465 | 004.479/2021 | ARMANDO ALBERTANI RIBAS & CIA LTDA | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Outorga | Concedida | - | 24/07/2020 | 15/12/2021 | 400 | 400 | m³/s | 0 | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - |
| 2020/012.453 | 004.478/2021 | ARMANDO ALBERTANI RIBAS & CIA LTDA | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Outorga | Concedida | - | 24/07/2020 | 15/12/2021 | 400 | 400 | m³/s | 0 | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - |
| 2020/012.446 | 003.876/2021 | ARMANDO ALBERTANI RIBAS & CIA LTDA | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Outorga | Concedida | - | 24/07/2020 | 09/11/2021 | 400 | 400 | m³/s | 0 | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - |
| 2020/010.275 | O-001.834/2020 | REMANSO EXTRAÇÃO DE MINERAL LTDA | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Outorga | Concedida | - | 22/06/2020 | 05/11/2020 | 400 | 400 | m³/s | 0 | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - |
| 2020/009.917 | O-001.833/2020 | REMANSO EXTRAÇÃO DE MINERAL LTDA | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Outorga | Concedida | - | 16/06/2020 | 05/11/2020 | 400 | 400 | m³/s | 0 | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - |
| 2020/007.880 | O-001.162/2020 | LUIZ CARLOS BIER ME | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Outorga | Concedida | - | 19/05/2020 | 18/06/2020 | 627,76 | 627,76 | m³/s | 0 | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - |
| 2020/005.770 | O-000.057/2021 | SUPEREX CONCRETO LTDA | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Outorga | Concedida | - | 15/04/2020 | 09/10/2020 | 3500 | 3500 | m³/s | 0 | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - |
| 2020/005.310 | O-000.058/2021 | SUPEREX CONCRETO LTDA | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Outorga | Concedida | - | 03/04/2020 | 09/10/2020 | 3500 | 3500 | m³/s | 0 | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - |
| 2020/005.214 | - | TARCISO VIEIRA JAREIRA LTDA | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Cadastro | Revogado | - | 01/04/2020 | 29/04/2020 | 400 | 400 | m³/s | 0 | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - |
| 2020/000.631 | - | LUIZ CARLOS BIER ME | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Cadastro | Revogado | - | 17/01/2020 | 17/01/2020 | 627,76 | 627,76 | m³/s | 0 | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - |
| 2020/000.828 | - | LUIZ CARLOS BIER ME | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Cadastro | Revogado | - | 17/01/2020 | 17/01/2020 | 627,76 | 627,76 | m³/s | 0 | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - |
| 2020/000.479 | - | LUIZ CARLOS BIER ME | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Cadastro | Revogado | - | 10/01/2020 | 17/01/2020 | 627,76 | 627,76 | m³/s | 0 | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - |
| 2019/023.928 | - | CARUS & GUIDO LTDA -ME | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Cadastro | Revogado | - | 29/11/2019 | 07/02/2020 | 132.1888889 | 135 | m³/s | 0 | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - |
| 2019/023.074 | - | COMERCIAL DE AREA SILVALTDA | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Cadastro | Revogado | - | 21/11/2019 | 13/12/2019 | 378,8 | 378,8 | m³/s | 0 | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - |
| 2019/023.072 | - | COMERCIAL DE AREA SILVALTDA | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Cadastro | Revogado | - | 21/11/2019 | 13/12/2019 | 378,8 | 378,8 | m³/s | 0 | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - |
| 2019/023.060 | - | COMERCIAL DE AREA SILVALTDA | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Cadastro | Revogado | - | 21/11/2019 | 13/12/2019 | 378,8 | 378,8 | m³/s | 0 | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - |
| 2019/022.687 | - | COMERCIAL DE AREA SILVALTDA | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Cadastro | Revogado | - | 18/11/2019 | 13/12/2019 | 378,8 | 378,8 | m³/s | 0 | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - |
| 2019/021.931 | - | STANGHERL IN INDUSTRIA E COMERCIO -EBRELI STANGHERL IN | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Outorga | Indeferida | - | 07/11/2019 | 07/11/2019 | 400 | 400 | m³/s | 0 | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - |
| 2019/021.920 | - | STANGHERL IN INDUSTRIA E COMERCIO -EBRELI | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Outorga | Indeferida | - | 07/11/2019 | 07/11/2019 | 400 | 400 | m³/s | 0 | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - |
| 2019/021.829 | - | Stangherlin & Antonio LTDA | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Cadastro | Revogado | - | 06/11/2019 | 19/03/2020 | 400 | 400 | m³/s | 0 | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - |
| 2019/021.804 | - | STANGHERL IN INDUSTRIA E COMERCIO -EBRELI | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Outorga | Indeferida | - | 06/11/2019 | 07/11/2019 | 400 | 400 | m³/s | 0 | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - |
| 2019/020.624 | - | Stangherlin & Antonio LTDA | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Cadastro | Revogado | - | 23/10/2019 | 19/03/2020 | 400 | 400 | m³/s | 0 | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - |
| 2019/020.776 | - | STANGHERL IN INDUSTRIA E COMERCIO -EBRELI | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Outorga | Indeferida | - | 23/10/2019 | 12/03/2020 | 400 | 400 | m³/s | 0 | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - |
| 2019/020.484 | - | ALBERTANI RIBAS & CIA LTDA | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Cadastro | Revogado | - | 21/10/2019 | 19/03/2020 | 400 | 400 | m³/s | 0 | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - |
| 2019/020.474 | - | ALBERTANI RIBAS & CIA LTDA | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Cadastro | Revogado | - | 21/10/2019 | 19/03/2020 | 400 | 400 | m³/s | 0 | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - |
| 2019/020.431 | - | ARMANDO ALBERTANI RIBAS & CIA LTDA | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Cadastro | Revogado | - | 18/10/2019 | 19/03/2020 | 400 | 400 | m³/s | 0 | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - |
| 2019/018.874 | - | STANGHERL IN INDUSTRIA E COMERCIO -EBRELI STANGHERL IN | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Outorga | Indeferida | - | 30/09/2019 | 30/09/2019 | 0,08 | 0,08 | m³/s | 0 | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - |
| 2019/018.868 | - | STANGHERL IN INDUSTRIA E COMERCIO -EBRELI STANGHERL IN | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Outorga | Indeferida | - | 30/09/2019 | 30/09/2019 | 0,08 | 0,08 | m³/s | 0 | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - |
| 2019/018.865 | - | STANGHERL IN INDUSTRIA E COMERCIO -EBRELI STANGHERL IN | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Outorga | Indeferida | - | 30/09/2019 | 30/09/2019 | 0,08 | 0,08 | m³/s | 0 | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - |
| 2019/018.856 | O-000.964/2020 | STANGHERL IN INDUSTRIA E COMERCIO -EBRELI | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Outorga | Concedida | - | 30/09/2019 | 15/05/2020 | 400 | 400 | m³/s | 0 | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------|----------------|--|---------------------|---------------------|--|----------|------------------------------------|---|------------|------------|-------------|-------------|------|---|---|---|---|---|-------------|---|---|---|---|
| 2019/018.847 | O-000.965/2020 | STANGHERL IN INDUSTRIA E COMERCIO -EIRELI STANGHERL IN INDUSTRIA E COMERCIO -EIRELI | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Outorga | Concedida | - | 30/09/2019 | 15/05/2020 | 400 | 400 | m³/s | 0 | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - |
| 2019/018.349 | O-000.966/2020 | STANGHERL IN INDUSTRIA E COMERCIO -EIRELI | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Outorga | Concedida | - | 24/09/2019 | 15/05/2020 | 400 | 400 | m³/s | 0 | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - |
| 2019/017.544 | O-000.369/2019 | GUERRA EXTRAÇÃO E COMERCIO DE AREA LTD | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Outorga | Concedida | - | 16/09/2019 | 17/09/2019 | 424,235 | 424,235 | m³/s | 0 | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - |
| 2019/017.532 | O-000.361/2019 | GUERRA EXTRAÇÃO E COMERCIO DE AREA LTD | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Outorga | Concedida | - | 16/09/2019 | 17/09/2019 | 424,235 | 424,235 | m³/s | 0 | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - |
| 2019/016.923 | O-000.406/2019 | FZ Construção e Comércio Transportes LTD | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Outorga | Concedida | - | 06/09/2019 | 08/11/2019 | 8 | 8 | m³/s | 0 | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - |
| 2019/013.410 | - | TARCISO VIEIRA AREIRA LTD | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Cadastro | Revogado | - | 24/07/2019 | 29/04/2020 | 400 | 400 | m³/s | 0 | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - |
| 2019/013.168 | - | ARMANDO ALBERTANI RIBAS & CIA LTD | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Cadastro | Revogado | - | 22/07/2019 | 27/03/2020 | 400 | 400 | m³/s | 0 | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - |
| 2019/013.158 | - | ARMANDO ALBERTANI RIBAS & CIA LTD | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Cadastro | Revogado | - | 22/07/2019 | 18/02/2020 | 400 | 400 | m³/s | 0 | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - |
| 2019/013.111 | - | ARMANDO ALBERTANI RIBAS & CIA LTD | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Cadastro | Revogado | - | 19/07/2019 | 19/03/2020 | 400 | 400 | m³/s | 0 | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - |
| 2019/012.976 | O-001.570/2020 | ARMANDO ALBERTANI RIBAS & CIA LTD | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Outorga | Concedida | - | 18/07/2019 | 21/08/2020 | 400 | 400 | m³/s | 0 | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - |
| 2019/012.968 | - | STANGHERL IN INDUSTRIA E COMERCIO -EIRELI | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Cadastro | Revogado | - | 18/07/2019 | 07/02/2020 | 400 | 400 | m³/s | 0 | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - |
| 2019/012.943 | O-001.569/2020 | ARMANDO ALBERTANI RIBAS & CIA LTD | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Outorga | Concedida | - | 18/07/2019 | 21/08/2020 | 400 | 400 | m³/s | 0 | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - |
| 2019/012.917 | - | STANGHERL IN INDUSTRIA E COMERCIO -EIRELI | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Cadastro | Revogado | - | 17/07/2019 | 07/02/2020 | 400 | 400 | m³/s | 0 | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - |
| 2019/012.749 | - | ARMANDO ALBERTANI RIBAS & CIA LTD | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Cadastro | Revogado | - | 16/07/2019 | 18/02/2020 | 400 | 400 | m³/s | 0 | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - |
| 2019/011.776 | - | SUPEREX CONCRETO LTD | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Outorga | Indeferida | - | 02/07/2019 | 30/09/2019 | 200 | 200 | m³/s | 0 | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - |
| 2019/010.463 | - | SUPEREX CONCRETO LTD | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Outorga | Indeferida | - | 12/06/2019 | 30/09/2019 | 200 | 200 | m³/s | 0 | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - |
| 2019/009.656 | - | Comercial de Área Passo do Verde | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Cadastro | Revogado | - | 30/05/2019 | 14/08/2020 | 400 | 400 | m³/s | 0 | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - |
| 2019/009.408 | - | GUERRA EXTRAÇÃO E COMERCIO DE AREA LTD | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Cadastro | Revogado | - | 28/05/2019 | 02/09/2019 | 560,575 | 560,575 | m³/s | 0 | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - |
| 2019/009.357 | O-000.306/2019 | GUERRA EXTRAÇÃO E COMERCIO DE AREA LTD | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Outorga | Concedida | - | 27/05/2019 | 21/08/2019 | 424,235 | 424,235 | m³/s | 0 | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - |
| 2019/009.353 | - | GUERRA EXTRAÇÃO E COMERCIO DE AREA LTD | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Outorga | Indeferida | - | 27/05/2019 | 16/09/2019 | 424,235 | 424,235 | m³/s | 0 | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - |
| 2019/009.351 | O-000.307/2019 | GUERRA EXTRAÇÃO E COMERCIO DE AREA LTD | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Outorga | Concedida | - | 27/05/2019 | 21/08/2019 | 424,235 | 424,235 | m³/s | 0 | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - |
| 2019/009.348 | - | GUERRA EXTRAÇÃO E COMERCIO DE AREA LTD | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Outorga | Indeferida | - | 27/05/2019 | 29/08/2019 | 424,235 | 424,235 | m³/s | 0 | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - |
| 2019/009.224 | O-000.332/2019 | GUERRA EXTRAÇÃO E COMERCIO DE AREA LTD | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Outorga | Concedida | - | 24/05/2019 | 02/09/2019 | 424,235 | 424,235 | m³/s | 0 | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - |
| 2019/008.956 | - | CENTRALSU L COMERCIO DE AREA LTD | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Cadastro | Revogado | - | 22/05/2019 | 21/11/2019 | 1098,795 | 1098,795 | m³/s | 0 | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - |
| 2019/008.954 | - | CENTRALSU L COMERCIO DE AREA LTD | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Cadastro | Revogado | - | 22/05/2019 | 13/12/2019 | 1098,795 | 1098,795 | m³/s | 0 | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - |
| 2019/008.950 | - | CENTRALSU L COMERCIO DE AREA LTD | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Cadastro | Revogado | - | 22/05/2019 | 08/11/2019 | 1098,795 | 1098,795 | m³/s | 0 | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - |
| 2019/008.100 | - | ONEIDE SILVEIRA GUERRA EPP | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Outorga | Aguardando pagamento da guia | - | 10/05/2019 | 10/05/2019 | 1010,14 | 1010,14 | m³/s | 0 | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - |
| 2019/008.092 | - | ONEIDE SILVEIRA GUERRA EPP | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Outorga | Aguardando pagamento da guia | - | 10/05/2019 | 10/05/2019 | 1010,14 | 1010,14 | m³/s | 0 | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - |
| 2019/007.554 | - | CENTRALSU L COMERCIO DE AREA LTD | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Cadastro | Revogado | - | 03/05/2019 | 08/11/2019 | 1098,795914 | 1098,605965 | m³/s | 0 | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - |
| 2019/007.165 | - | COMERCIAL DE AREA SILVA LTD | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Cadastro | Revogado | - | 26/04/2019 | 11/07/2019 | 707,04 | 707,04 | m³/s | 0 | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------|----------------|---------------------------------------|------------------|------------------|---|----------|------------|---|------------|------------|----------|----------|------|---|---|---|---|---|---|-------------|---|---|---|---|---|
| 2019/007.162 | - | COMERCIAL DE AREA SILVALLDA | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Cadastro | Revogado | - | 26/04/2019 | 11/07/2019 | 707,04 | 707,04 | m³/s | 0 | - | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - | - |
| 2019/007.159 | - | COMERCIAL DE AREA SILVALLDA | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Cadastro | Revogado | - | 26/04/2019 | 11/07/2019 | 707,04 | 707,04 | m³/s | 0 | - | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - | - |
| 2019/007.156 | - | COMERCIAL DE AREA SILVALLDA | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Cadastro | Revogado | - | 26/04/2019 | 11/07/2019 | 707,04 | 707,04 | m³/s | 0 | - | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - | - |
| 2019/007.149 | - | COMERCIAL DE AREA SILVALLDA | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Cadastro | Revogado | - | 26/04/2019 | 11/07/2019 | 707,04 | 707,04 | m³/s | 0 | - | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - | - |
| 2019/007.071 | - | COMERCIO DE AREA ERELI RUDINEI | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Cadastro | Revogado | - | 26/04/2019 | 26/08/2019 | 600,95 | 600,95 | m³/s | 0 | - | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - | - |
| 2019/007.067 | - | COMERCIO DE AREA ERELI RUDINEI | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Cadastro | Revogado | - | 26/04/2019 | 26/08/2019 | 600,95 | 600,95 | m³/s | 0 | - | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - | - |
| 2019/007.054 | - | COMERCIO DE AREA ERELI RUDINEI | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Cadastro | Revogado | - | 26/04/2019 | 26/08/2019 | 600,95 | 600,95 | m³/s | 0 | - | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - | - |
| 2019/007.048 | - | COMERCIO DE AREA ERELI RUDINEI | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Cadastro | Revogado | - | 26/04/2019 | 26/08/2019 | 600,95 | 600,95 | m³/s | 0 | - | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - | - |
| 2019/007.044 | - | COMERCIO DE AREA ERELI RUDINEI | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Cadastro | Revogado | - | 26/04/2019 | 26/08/2019 | 600,95 | 600,95 | m³/s | 0 | - | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - | - |
| 2019/007.027 | - | COMERCIO DE AREA ERELI RUDINEI | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Cadastro | Revogado | - | 25/04/2019 | 26/08/2019 | 600,95 | 600,95 | m³/s | 0 | - | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - | - |
| 2019/007.023 | - | COMERCIO DE AREA ERELI RUDINEI | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Cadastro | Revogado | - | 25/04/2019 | 26/08/2019 | 859,35 | 859,35 | m³/s | 0 | - | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - | - |
| 2019/007.013 | - | COMERCIO DE AREA ERELI RUDINEI | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Cadastro | Revogado | - | 25/04/2019 | 26/08/2019 | 858,585 | 858,585 | m³/s | 0 | - | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - | - |
| 2019/006.662 | - | ONEIDE SILVEIRA GUERRA ME | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Outorga | Indeferida | - | 22/04/2019 | 22/04/2019 | 0,561 | 0,561 | m³/s | 0 | - | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - | - |
| 2019/006.034 | - | JAIRO PIREZ PEREIRA FZ | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Cadastro | Revogado | - | 12/04/2019 | 09/07/2019 | 170 | 170 | m³/s | 0 | - | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - | - |
| 2019/006.019 | O-000.374/2019 | Construção e Transportes LTDA RUDINEI | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Outorga | Concedida | - | 12/04/2019 | 17/09/2019 | 8 | 8 | m³/s | 0 | - | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - | - |
| 2019/005.737 | - | COMERCIO DE AREA ERELI RUDINEI | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Cadastro | Revogado | - | 09/04/2019 | 26/08/2019 | 601,0095 | 601,0095 | m³/s | 0 | - | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - | - |
| 2018/034.921 | O-000.275/2019 | CASUS & GUIDO LTDA - ME | Água Subterrânea | Água subterrânea | Rebaixamento de nível de água subterrânea | Outorga | Concedida | - | 18/12/2018 | 08/07/2019 | 170 | 170 | m³/s | 0 | - | - | - | - | - | Santa Maria | - | - | - | - | - |



ANEXO 3 - ENSAIOS DE PERMEABILIDADE

| | | | | |
|---|---|--|-------------|-------------|
| Data: | 21/10/2025 | | | |
| Local: | Formação Santa Maria - Membro Passo das Tropas | | -29.714328° | -53.864636° |
| Profundidade do poço (cm): | 20 | | | |
| Raio do poço (cm): | 6,4 | | | |
| Usado reservatório interno ou combinado? | combinado | | | |
| Tipo de solo | arenoso | | | |
| Altitude (m) | 108 | | | |

1ª carga, padronizar altura de 5 cm

| Leitura | Tempo (minutos) | Diferença de tempo (minutos) | Nível de água (cm) | Diferença do nível de água (cm) | Taxa de queda (R) (cm/minuto) |
|---------|-----------------|------------------------------|--------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| 1 | | 0 | 4 | 0 | 0 |
| 2 | 2 | 2 | 6,3 | 2,3 | 1,15 |
| 3 | 4 | 2 | 7 | 0,7 | 0,35 |
| 4 | 6 | 2 | 7,5 | 0,5 | 0,25 |
| 5 | 8 | 2 | 8 | 0,5 | 0,25 |
| 6 | 10 | 2 | 8,5 | 0,5 | 0,25 |
| | | | | | |

2ª carga, padronizar altura de 10 cm

| Leitura | Tempo (minutos) | Diferença de tempo (minutos) | Nível de água (cm) | Diferença do nível de água (cm) | Taxa de queda (R) (cm/minuto) |
|---------|-----------------|------------------------------|--------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| 1 | | 0 | 9 | 0 | 0 |
| 2 | 2 | 2 | 13 | 4 | 2 |
| 3 | 4 | 2 | 14,5 | 1,5 | 0,75 |
| 4 | 6 | 2 | 16 | 1,5 | 0,75 |
| 5 | 8 | 2 | 17,5 | 1,5 | 0,75 |
| | | | | | |

| | | | |
|---|-----------------------|-------------|-------------|
| Data: | 21/10/2025 | | |
| Local: | Depósitos Aluvionares | -29.714484° | -53.820399° |
| Profundidade do poço (cm): | 20 | | |
| Raio do poço (cm): | 6,4 | | |
| Usado reservatório interno ou combinado? | combinado | | |
| Tipo de solo | areno argiloso | | |
| Altitude (m) | 69 | | |

1ª carga, padronizar altura de 5 cm

| Leitura | Tempo (minutos) | Diferença de tempo (minutos) | Nível de água (cm) | Diferença do nível de água (cm) | Taxa de queda (R) (cm/minuto) |
|---------|-----------------|------------------------------|--------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| 1 | | 0 | 3,5000 | 0 | |
| 2 | 2 | 2 | 4,5000 | 1,0000 | 0,5000 |
| 3 | 4 | 2 | 4,6010 | 0,1010 | 0,0505 |
| 4 | 6 | 2 | 4,6020 | 0,0010 | 0,0005 |
| 5 | 8 | 2 | 4,6030 | 0,0010 | 0,0005 |
| 6 | 10 | 2 | 4,6040 | 0,0010 | 0,0005 |
| | | | | | |

2ª carga, padronizar altura de 10 cm

| Leitura | Tempo (minutos) | Diferença de tempo (minutos) | Nível de água (cm) | Diferença do nível de água (cm) | Taxa de queda (R) (cm/minuto) |
|---------|-----------------|------------------------------|--------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| 1 | | 0 | 4,6040 | 0 | |
| 2 | 2 | 2 | 4,7050 | 0,1010 | 0,0505 |
| 3 | 4 | 2 | 4,8010 | 0,0960 | 0,0480 |
| 4 | 6 | 2 | 4,8040 | 0,0030 | 0,0015 |
| 5 | 8 | 2 | 4,8070 | 0,0030 | 0,0015 |
| 6 | 10 | 2 | 4,8100 | 0,0030 | 0,0015 |
| | | | | | |

| | | | |
|---|---|-------------|-------------|
| Data: | 21/10/2025 | | |
| Local: | Formação Santa Maria - Membro Alemoa | -29.728722° | -53.717169° |
| Profundidade do poço (cm): | 20 | | |
| Raio do poço (cm): | 6,4 | | |
| Usado reservatório interno ou combinado? | combinado | | |
| Tipo de solo | argiloso | | |
| Altitude (m) | 105 | | |

1ª carga, padronizar altura de 5 cm

| Leitura | Tempo (minutos) | Diferença de tempo (minutos) | Nível de água (cm) | Diferença do nível de água (cm) | Taxa de queda (R) (cm/minuto) |
|---------|-----------------|------------------------------|--------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| 1 | | 0 | 16,000 | 0 | |
| 2 | 2 | 2 | 19,100 | 3,100 | 1,55 |
| 3 | 4 | 2 | 19,200 | 0,100 | 0,05 |
| 4 | 6 | 2 | 19,201 | 0,001 | 0,0005 |
| 5 | 8 | 2 | 19,202 | 0,001 | 0,0005 |
| 6 | 10 | 2 | 19,203 | 0,001 | 0,0005 |
| | | | | | |

2ª carga, padronizar altura de 10 cm

| Leitura | Tempo (minutos) | Diferença de tempo (minutos) | Nível de água (cm) | Diferença do nível de água (cm) | Taxa de queda (R) (cm/minuto) |
|---------|-----------------|------------------------------|--------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| 1 | | 0 | 19,203 | 0 | 0 |
| 2 | 2 | 2 | 22,200 | 2,997 | 1,4985 |
| 3 | 4 | 2 | 22,202 | 0,002 | 0,0010 |
| 4 | 6 | 2 | 22,204 | 0,002 | 0,0010 |
| 6 | 8 | 2 | 22,206 | 0,002 | 0,0010 |
| | | | | | |

| | | | | |
|---|--------------------|--|-------------|-------------|
| Data: | 21/10/2025 | | | |
| Local: | Formação Caturrita | | -29.660253° | -53.818175° |
| Profundidade do poço (cm): | 20 | | | |
| Raio do poço (cm): | 6,4 | | | |
| Usado reservatório interno ou combinado? | combinado | | | |
| Tipo de solo | arenoso | | | |
| Altitude (m) | 142 | | | |

1ª carga, padronizar altura de 5 cm

| Leitura | Tempo (minutos) | Diferença de tempo (minutos) | Nível de água (cm) | Diferença do nível de água (cm) | Taxa de queda (R) (cm/minuto) |
|---------|-----------------|------------------------------|--------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| 1 | | 0 | 2 | 0 | 0 |
| 2 | 2 | 2 | 2,3 | 0,3 | 0,15 |
| 3 | 4 | 2 | 2,4 | 0,1 | 0,05 |
| 4 | 6 | 2 | 2,5 | 0,1 | 0,05 |
| 5 | 8 | 2 | 2,6 | 0,1 | 0,05 |
| | | | | | |

2ª carga, padronizar altura de 10 cm

| Leitura | Tempo (minutos) | Diferença de tempo (minutos) | Nível de água (cm) | Diferença do nível de água (cm) | Taxa de queda (R) (cm/minuto) |
|---------|-----------------|------------------------------|--------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| 1 | | 0 | 2,6 | 0 | 0 |
| 2 | 2 | 2 | 5,1 | 2,5 | 1,25 |
| 3 | 4 | 2 | 6 | 0,9 | 0,45 |
| 4 | 6 | 2 | 6,6 | 0,6 | 0,30 |
| 5 | 8 | 2 | 6,6 | 0 | 0,30 |
| 6 | 10 | 2 | 7,1 | 0,5 | 0,25 |
| 7 | 12 | 2 | 7,6 | 0,5 | 0,25 |
| 8 | 14 | 2 | 8,2 | 0,6 | 0,30 |
| 9 | 16 | 2 | 8,7 | 0,5 | 0,25 |
| 10 | 18 | 2 | 9,2 | 0,5 | 0,25 |
| 12 | 20 | 2 | 9,7 | 0,5 | 0,25 |
| | | | | | |

| | | | |
|---|--------------------------|-------------|-------------|
| Data: | 21/10/2025 | | |
| Local: | Formação Sanga do Cabral | -29.754596° | -53.789675° |
| Profundidade do poço (cm): | 20 | | |
| Raio do poço (cm): | 6,4 | | |
| Usado reservatório interno ou combinado? | combinado | | |
| Tipo de solo | argiloso | | |
| Altitude (m) | 62 | | |

1ª carga, padronizar altura de 5 cm

| Leitura | Tempo (minutos) | Diferença de tempo (minutos) | Nível de água (cm) | Diferença do nível de água (cm) | Taxa de queda (R) (cm/minuto) |
|---------|-----------------|------------------------------|--------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| 1 | | 0 | 1,5000 | 0 | 0 |
| 2 | 2 | 2 | 3,2000 | 1,7000 | 0,8500 |
| 3 | 4 | 2 | 3,3000 | 0,1000 | 0,0500 |
| 4 | 6 | 2 | 3,3500 | 0,0500 | 0,0250 |
| 5 | 8 | 2 | 3,4000 | 0,0500 | 0,0250 |
| 6 | 10 | 2 | 3,4500 | 0,0500 | 0,0250 |
| | | | | | |

2ª carga, padronizar altura de 10 cm

| Leitura | Tempo (minutos) | Diferença de tempo (minutos) | Nível de água (cm) | Diferença do nível de água (cm) | Taxa de queda (R) (cm/minuto) |
|---------|-----------------|------------------------------|--------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| 1 | | 0 | 3,5000 | 0,0000 | 0,0000 |
| 2 | 2 | 2 | 6,0400 | 2,5400 | 1,27000 |
| 3 | 4 | 2 | 6,1060 | 0,0660 | 0,03300 |
| 4 | 6 | 2 | 6,1720 | 0,0660 | 0,03300 |
| 5 | 8 | 2 | 6,2380 | 0,0660 | 0,03300 |
| | | | | | |

ANEXO 4 - PLANILHAS DE CÁLCULO, CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA

Double Head Method

Reservoir Cross-sectional area in cm²
 (enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): **35,22**

Enter the first water Head Height ("H1" in cm): **5**
 Enter the second water Head Height ("H2" in cm): **10**

Enter the Borehole Radius ("a" in cm): **6,4**

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): **3**

Enter the soil category (enter one of the following numbers):

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravelly sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropors, etc

$\alpha^* =$ **0,12** *cm⁻¹*

$\alpha =$ **-0,2678**

Steady State Rate of Water Level Change ("R1" in cm/min): **0,2500**
 Steady State Rate of Water Level Change ("R2" in cm/min): **0,7500**

$Q_1 =$ **0,14675**
 $Q_2 =$ **0,44025**
 $C_1 =$ **0,466675**
 $C_2 =$ **0,767523**
 $G_1 =$ **0,003188**
 $G_2 =$ **0,002621**
 $G_3 =$ **0,036886**
 $G_4 =$ **0,018117**

$K_{fs} =$ **6,86E-04** *cm/sec*
4,12E-02 *cm/min*
6,86E-06 *m/sec*
1,62E-02 *inch/min*
2,70E-04 *inch/sec*

Res Type: 35,22
 H1/a: 0,78125
 H2/a: 1,5625
 C1-0.01: 0,502471
 C2-0.01: 0,778018
 C1-0.04: 0,51518
 C2-0.04: 0,80819
 C1-0.12: 0,466675
 C2-0.12: 0,767523
 C1-0.36: 0,466675
 C2-0.36: 0,767523
 Denominator: 1464,06

in reservoir
 ic capillary
), H_2 is the

Double Head Method

Reservoir Cross-sectional area in cm^2

(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): **35,22**

Enter the first water Head Height ("H1" in cm): **5**

Enter the second water Head Height ("H2" in cm): **10**

Enter the Borehole Radius ("a" in cm): **6,4**

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): **2**

Enter the soil category (enter one of the following numbers):

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropores, etc

$$\alpha^* = \mathbf{0,04} \text{ cm}^{-1}$$

$$\alpha = \mathbf{-0,2666}$$

Steady State Rate of Water Level Change ("R1" in cm/min): **0,0005**

Steady State Rate of Water Level Change ("R2" in cm/min): **0,0015**

$$Q_1 = \mathbf{0,000294}$$

$$Q_2 = \mathbf{0,000881}$$

$$C_1 = \mathbf{0,51518}$$

$$C_2 = \mathbf{0,80819}$$

$$G_1 = \mathbf{0,003608}$$

$$G_2 = \mathbf{0,00283}$$

$$G_3 = \mathbf{0,042054}$$

$$G_4 = \mathbf{0,020123}$$

$$K_{fs} = \mathbf{1,43E-06} \text{ cm/sec}$$

$$\mathbf{8,60E-05} \text{ cm/min}$$

$$\mathbf{1,43E-08} \text{ m/sec}$$

$$\mathbf{3,38E-05} \text{ inch/min}$$

$$\mathbf{5,64E-07} \text{ inch/sec}$$

Res Type: 35,22

H1/a: 0,78125

H2/a: 1,5625

C1-0.01: 0,502471

C2-0.01: 0,778018

C1-0.04: 0,51518

C2-0.04: 0,80819

C1-0.12: 0,466675

C2-0.12: 0,767523

C1-0.36: 0,466675

C2-0.36: 0,767523

Denominator: 1427,81

in reservoir
capillary
) , H_2 is the

Double Head Method

Reservoir Cross-sectional area in cm^2

(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): **35,22**

Enter the first water Head Height ("H1" in cm): **5**

Enter the second water Head Height ("H2" in cm): **10**

Enter the Borehole Radius ("a" in cm): **6,4**

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): **2**

Enter the soil category (enter one of the following numbers):

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropors, etc

$\alpha^* =$ **0,04** cm^{-1}

$\alpha =$ **1,1351**

Steady State Rate of Water Level Change ("R1" in cm/min): **0,0005**

Steady State Rate of Water Level Change ("R2" in cm/min): **0,0010**

$Q_1 =$ **0,000294**

$Q_2 =$ **0,000587**

$C_1 =$ **0,51518**

$C_2 =$ **0,80819**

$G_1 =$ **0,003608**

$G_2 =$ **0,00283**

$G_3 =$ **0,042054**

$G_4 =$ **0,020123**

$K_{fs} =$ **6,02E-07** cm/sec

3,61E-05 cm/min

6,02E-09 m/sec

1,42E-05 inch/min

2,37E-07 inch/sec

Res Type: 35,22

H1/a: 0,78125

H2/a: 1,5625

C1-0.01: 0,502471

C2-0.01: 0,778018

C1-0.04: 0,51518

C2-0.04: 0,80819

C1-0.12: 0,466675

C2-0.12: 0,767523

C1-0.36: 0,466675

C2-0.36: 0,767523

Denominator: 1427,81

Enter in reservoir
capillary
(cm), H_2 is the

Double Head Method

Reservoir Cross-sectional area in cm^2

(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): **35,22**

Enter the first water Head Height ("H1" in cm): **5**

Enter the second water Head Height ("H2" in cm): **10**

Enter the Borehole Radius ("a" in cm): **6,4**

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): **3**

Enter the soil category (enter one of the following numbers):

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropores, etc

$$\alpha^* = \mathbf{0,12} \text{ cm}^{-1}$$

$$\alpha = \mathbf{-0,1847}$$

Steady State Rate of Water Level Change ("R1" in cm/min): **0,0500**

Steady State Rate of Water Level Change ("R2" in cm/min): **0,2500**

$$Q_1 = \mathbf{0,02935}$$

$$Q_2 = \mathbf{0,14675}$$

$$C_1 = \mathbf{0,466675}$$

$$C_2 = \mathbf{0,767523}$$

$$G_1 = \mathbf{0,003188}$$

$$G_2 = \mathbf{0,002621}$$

$$G_3 = \mathbf{0,036886}$$

$$G_4 = \mathbf{0,018117}$$

$$K_{fs} = \mathbf{2,91E-04} \text{ cm/sec}$$

$$\mathbf{1,75E-02} \text{ cm/min}$$

$$\mathbf{2,91E-06} \text{ m/sec}$$

$$\mathbf{6,88E-03} \text{ inch/min}$$

$$\mathbf{1,15E-04} \text{ inch/sec}$$

Res Type: 35,22

H1/a: 0,78125

H2/a: 1,5625

C1-0.01: 0,502471

C2-0.01: 0,778018

C1-0.04: 0,51518

C2-0.04: 0,80819

C1-0.12: 0,466675

C2-0.12: 0,767523

C1-0.36: 0,466675

C2-0.36: 0,767523

Denominator: 1464,06

in reservoir
capillary
) , H_2 is the

Double Head Method

Reservoir Cross-sectional area in cm^2

(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): **35,22**

Enter the first water Head Height ("H1" in cm): **5**

Enter the second water Head Height ("H2" in cm): **10**

Enter the Borehole Radius ("a" in cm): **6,4**

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): **2**

Enter the soil category (enter one of the following numbers):

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravely sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropores, etc

$$\alpha^* = \mathbf{0,04} \text{ cm}^{-1}$$

$$\alpha = \mathbf{0,0082}$$

Steady State Rate of Water Level Change ("R1" in cm/min): **0,0250**

Steady State Rate of Water Level Change ("R2" in cm/min): **0,0330**

$$Q_1 = \mathbf{0,014675}$$

$$Q_2 = \mathbf{0,019371}$$

$$C_1 = \mathbf{0,51518}$$

$$C_2 = \mathbf{0,80819}$$

$$G_1 = \mathbf{0,003608}$$

$$G_2 = \mathbf{0,00283}$$

$$G_3 = \mathbf{0,042054}$$

$$G_4 = \mathbf{0,020123}$$

$$K_{fs} = \mathbf{1,87E-06} \text{ cm/sec}$$

$$\mathbf{1,12E-04} \text{ cm/min}$$

$$\mathbf{1,87E-08} \text{ m/sec}$$

$$\mathbf{4,42E-05} \text{ inch/min}$$

$$\mathbf{7,37E-07} \text{ inch/sec}$$

Res Type: 35,22

H1/a: 0,78125

H2/a: 1,5625

C1-0.01: 0,502471

C2-0.01: 0,778018

C1-0.04: 0,51518

C2-0.04: 0,80819

C1-0.12: 0,466675

C2-0.12: 0,767523

C1-0.36: 0,466675

C2-0.36: 0,767523

Denominator: 1427,81

in reservoir
capillary
) , H_2 is the

ANEXO 5 - DADOS SECUNDÁRIOS

| Relatório | Unidade Litoestratigráfica | Resumo do laudo ou relato obtido | SONDAGEM OU PONTO GERAL COM NÍVEL DE ÁGUA | PROFUNDIDADE DA SONDAGEM OU PROFUNDIDADE MÁXIMA INVESTIGADA (m) | N.A. (m) |
|-----------|----------------------------|---|---|---|----------|
| 1 | Formação Caturrita | 3 sondagens a profundidade média de 7,7 metros. Base do furo é silte arenoso muito compacto (-7,12m à -6,10 m; -8,11 m à -5 m); seguido de areia fina média compacta (-6,10 à -4,10 m; -5,20 m à -2 m); seguida de areia fina argilosa (-4,10 m à 3,90 m; -5 à -4,90); e superfície areia fina fofa a compacta (-3,90 à superfície; -4,90 à superfície). 1 das sondagens areia fina argilosa (-2 m à superfície). Com nível de água identificado à -1 m. sondagem em 31/07/2006 | 1_S 01 | 7,12 | 1 |
| | | | 1_S 02 | 8,11 | 1 |
| | | | 1_S 03 | 8,11 | 1 |
| 2 | Formação Caturrita | 6 sondagens a profundidades variadas, em agosto de 2000. Na sondagem mais profunda (-7,30 m), a base é areia fina compacta a muito compacta (-7,30 à -5,20); seguida de areia fina siltosa compacta à muito compacta (-5,20 à -1,80); seguida de argila arenosa (-1,80 à -0,10); superfície solo orgânico (-0,10 à superfície). Com nível de água. | 2_S 01 | 7,1 | 2 |
| | | | 2_S 02 | 5,15 | 2 |
| | | | 2_S 03 | 7 | 5,7 |
| | | | 2_S 04 | 7 | 4 |
| | | | 2_S 05 | 7,3 | 4 |
| | | | 2_S 06 | 7,08 | 1 |
| 3 | Membro Passo das Tropas | 3 sondagem em 08/2006. máximo 7,12 (a mais profunda) Basicamente fundo sondagem é areia fina muito compacta (-7 à -5,70); seguida de silte arenoso muito compacto (-5,70 à -3); seguida de argila siltosa (-3 à 0,90) e superfície areia fina orgânica pouco compacta (-0,90 à superfície). Com nível de água | 3_S 01 | 7,09 | 4,9 |
| | | | 3_S 02 | 7,07 | 5,0 |
| | | | 3_S 03 | 7,12 | 7,0 |
| 4 | Formação Caturrita | 4 sondagens em maio de 2006. Profundidade máxima de 7,10 m. A base dos furos é areia fina à média (-7,10 à -2,10 m; -3,35m); seguido de areia fina (pequena camada); seguida de areia fina argilosa. Nível de água somente em 1 ponto à -7 m | 4_S 01 | 7,1 | 7 |
| 5 | Membro Alemoa | 4 sondagens em novembro/2005, profundidade máxima de 7,09 m. Base do furo é areia fina siltosa (-7 à -6); seguida de areia fina à média (-6 à -4,30); seguida de argila arenosa (-4,30 à -0,90). Com nível de água | 5_S 01 | 7,09 | 4,3 |
| | | | 5_S 02 | 6,15 | 2 |
| | | | 5_S 03 | 6,15 | 1,6 |
| | | | 5_S 04 | 6,06 | 1 |
| 6 | Membro Passo das Tropas | 6 sondagens em outubro de 2005, a profundidade máxima de 9,45 m. Fundo do furo é basicamente areia fina (-9 m à -6,90); seguida de areia fina à média (-6,90 à -5,70); seguida de argila arenosa (-5,70 à -4,30); seguida de argila siltosa à argila arenosa (-4,30 à -1,90); superfície aterro (-1,90 à superfície). Com nível de água identificado | 6_S 01 | 9 | 2 |
| | | | 6_S 02 | 9,45 | 2,4 |
| | | | 6_S 03 | 9,45 | 2,6 |
| | | | 6_S 04 | 9,45 | 1,7 |
| | | | 6_S 05 | 9,45 | 1 |
| | | | 6_S 06 | 9,45 | 1 |
| 7 | Membro Alemoa | 3 sondagens a profundidade máxima de 13,12 m. junho de 2007. Base do furo é basicamente silte arenoso muito compacto (-13,12 à 10,45 m); seguido de areia média a grossa intercalada (-10,45 à 1-0 m); seguido de areia fina a média, argilosa compacta (-10 m à 4,15 m); seguida de argila arenosa (-4,15 m à 0,70); superfície solo orgânico (-0,70 à superfície) | 7_S 01 | 13,12 | 4,15 |
| | | | 7_S 02 | 13,1 | 5,1 |
| | | | 7_S 03 | 6,45 | 4 |
| 8 | Formação Caturrita | 9 sondagens em fevereiro e março de 2007, profundidade máxima de 15,8 m. Fundo da sondagem basicamente areia fina muito compacta (-15,8 m à -4 m), seguida de areia fina pouco argilosa (-4 m à -1,10 m); seguida de argila pouco arenosa (-1,10 à -0,80 m); superfície aterro. | 8_S 01 | 15,08 | 3,25 |
| | | | 8_S 02 | 13 | 3,9 |
| | | | 8_S 03 | 15,08 | 8 |
| | | | 8_S 04 | 15,08 | 3 |
| | | | 8_S 05 | 15,07 | 5 |
| | | | 8_S 06 | 15,07 | 3 |
| | | | 8_S 07 | 14,05 | 6,2 |
| | | | 8_S 08 | 14,05 | 2 |
| | | | 8_S 09 | 15,07 | 2,8 |
| 9 | Formação Caturrita | 3 sondagens a profundidade máxima de 8,15m. Não foi observado nível de água. Base do furo é silte arenoso muito compacto (-8,15m à -6,50 m); seguido de areia fina siltosa (-6,50 m a -2,10m); seguida de argila arenosa (-2,10 à -1m)). Superfície solo orgânico fofo (-1m à superfície), fevereiro de 2007. | | | |
| 10 | Membro Alemoa | 2 sondagens de profundidade máxima de 5,15 m, sem presença de nível de água. Fundo da sondagem basicamente silte arenoso (-5,15 m à -1m), seguido de argila siltosa e solo orgânico. Dezembro de 2007. | | | |
| 11 | Membro Alemoa | 2 sondagens com profundidade máxima de 8,10 m. O fundo da sondagem é areia fina siltosa muito compacta (-8,10 m à -3 m /- 2m); seguida de argila arenosa em superfície (-3 m/-2m à 1 m), nível de água em -3,50 m . Março/2007 | 11_S 01 | 8,1 | 3,5 |
| 12 | Formação Caturrita | 3 sondagens a profundidades variadas, sendo o máximo 8,10 m. O fundo da sondagem é granulos e seixos em matriz areno argilosa em um ponto e silte arenoso muito compacto em outro (-8,10 m à -6 m); seguida de areia fina a média compacta (-6m à 3,95 m); seguida de areia fina pouco argilosa fofa a medianamente compacta (-3,95 m à 0,90 m); superfície aterro. Dezembro de 2006. Com nível de água identificado em profundidade média de 1,3 m. | 12_S 01 | 5 | 1,4 |
| | | | 12_S 02 | 8,1 | 1,7 |
| | | | 12_S 03 | 6,4 | 1 |
| 13 | Membro Alemoa | 4 sondagens com profundidade variada, chegando em torno de 8,10 m. Base do furo é areia fina siltosa muito compacta (-8 à -4 m), seguida de areia fina friável, compacta (-4 m à -2m); seguida de argila pouco arenosa (-2 à -1m). Superfície aterro. 11/07/2007 e 12/07/2007. Com presença de nível de água, profundidade média 1,5 m | 13_S 01 | 8,06 | 2 |
| | | | 13_S 02 | 8,1 | 1,5 |
| | | | 13_S 03 | 8,15 | 1,6 |
| | | | 13_S 04 | 8,12 | 1 |
| 14 | Membro Passo das Tropas | 6 sondagens de 3 metros. No fundo das sondagens areia média/fina, siltosa, com 2,80 m de espessura; parte superficial de areia argilo siltosa com matéria orgânica. Nível de água em 1 sondagem, profundidade -3 m. Fevereiro 2018 (+ 4 da ultima torre em 2025) | 14_S 01 | 10,0 | 2,1 |
| | | | 14_S 02 | 10,0 | 2 |
| | | | 14_S 03 | 11,0 | 1,3 |
| | | | 14_S 04 | 10,0 | 4 |
| | | | 14_S 01 a | 3 | 3 |
| | | | 15_16_S 01 | 7,15 | 0,4 |
| | | | 15_16_S 02 | 8,15 | 0,4 |

| | | | | | |
|-------|--------------------|--|------------|-------|------|
| 15 16 | Membro Alemoa | 12 sondagens nos dias 14/07/20116 e 23/07/2007, em profundidades variadas, sendo o máximo 10,15 m. Com nível de água identificado | 15_16_S 03 | 8,13 | 0,45 |
| | | | 15_16_S 04 | 10,15 | 2,4 |
| | | | 15_16_S 05 | 9,15 | 1,9 |
| | | | 15_16_S 06 | 8,15 | 0,3 |
| | | | 15_16_S 07 | 8,15 | 0,35 |
| | | | 15_16_S 08 | 9,1 | 1 |
| | | | 15_16_S 09 | 9,13 | 1 |
| | | | 15_16_S 10 | 9,15 | 2,35 |
| | | | 15_16_S 11 | 7,15 | 3,3 |
| | | | 15_16_S 12 | 7,3 | |
| 17 | Membro Alemoa | 24 sondagens trado manual, de profundidades variadas, sendo o máximo de 1,60 m. Setembro de 2008. Material argiloso e Identificado nível de água a uma profundidade média de 1,50 m do nível do terreno. | 17 | 1,5 | 1,5 |
| 18 | Membro Alemoa | 13 sondagens a trado manual, em profundidade variando de 0,60 m à 1,53 m. Data de análise: 20/05/2012 à 30/06/2012. Material argiloso, muito plástico. Nível de água identificado. | 18_S 01 | 1,53 | 0,96 |
| | | | 18_S 02 | 0,86 | 0,21 |
| | | | 18_S 03 | 0,7 | 0,31 |
| | | | 18_S 04 | 0,9 | 0,8 |
| | | | 18_S 05 | 0,87 | 0,73 |
| | | | 18_S 06 | 0,6 | 0,6 |
| | | | 18_S 07 | 0,86 | 0,7 |
| | | | 18_S 08 | 0,9 | 0,35 |
| | | | 18_S 09 | 0,9 | 0,9 |
| | | | 18_S 10 | 0,73 | 0,73 |
| | | | 18_S 11 | 0,61 | 0,61 |
| | | | 18_S 12 | 0,74 | 0,74 |
| | | | 18_S 13 | 0,64 | 0,47 |
| 19 | Formação Caturrita | 3 sondagens a uma profundidade máxima de 10,05 metros. Sem presença de água. Sondagens iniciadas em 03/08/2021 e finalizadas em 09/08/2021. A camada superficial até a profundidade máxima de 10,05 m é de areia fina siltosa, muito compacta. | | | |
| 20 | Formação Caturrita | 3 sondagens até uma profundidade máxima em torno de 6,25m. Presença de nível de água muito intenso, com água na boca do furo. No fundo do furo argila siltosa vermelha (-6m à -5 m); seguida de argila branca rajados vermelhos (-5 m à 4 m); seguida de areia (até -2m); superfície argila orgânica (-1 m). | 20_S 01 | 6,15 | 1 |
| | | | 20_S 02 | 6,15 | 1 |
| | | | 20_S 03 | 6,45 | 1 |
| 21 | Membro Alemoa | 8 sondagens trado manual em 10/11/2011 à 3,80 m de profundidade, Sem nível de água, Material basicamente argiloso de consistência mole. | | | |
| 22 | Membro Alemoa | 3 sondagens entre 14/08/2024 e 21/08/2024, sem chuvas nos dias anteriores e durante os trabalhos, profundidade máxima variada, chegando no máximo a -10,11 m. Sondagem 1 (-8,08 m à -2 m identificado areia grossa muito compacta; -2 m à -0,80 m identificado areia fina argilosa pouco compacta; superfície areia argilosa com matéria orgânica. Nível de água à 5,80 m). Sondagem 2 (-10,11 m à -4 m identificado areia média a grossa muito compacta; -4 m à -1 m silte arenoso compacto; na superfície areia pouco argilosa com matéria orgânica. Nível de água à 0,80 m). Sondagem 3 (-6 m à -1 m identificado areia argilosa com seixos compacta; -1 à superfície areia argilosa com matéria orgânica. Nível de água à -2 m). Obs.: onde o nível de água marcou 0,80 m (em solo arenoso pouco siltoso), destaca-se a existência de uma camada abaixo de 3 m de silte. | 22_S 01 | 8,08 | 5,8 |
| | | | 22_S 02 | 10,11 | 0,8 |
| | | | 22_S 03 | 6 | 2 |
| 23 | Formação Caturrita | 3 sondagens de profundidade máxima 10,15 m. A base dos furos é silte arenoso, muito compacto (-10,15 m à -8 m); seguido de areia fina siltosa com argila, pouco compacta a compacta (-8m à -1,40 m); seguida de areia média argilosa (-1,40 m à -1 m). Superfície aterro materiais diversos. Nível de água em torno de 6 metros | 23_S 01 | 10,15 | 6,4 |
| | | | 23_S 02 | 9,15 | 6,3 |
| | | | 23_S 03 | 8,15 | |
| 24 | Membro Alemoa | 7 sondagens na área (2 SPT e 5 trado manual). De forma geral o material na porção mais profunda (-11,15 m à -0,6 m) é argila e pouca areia fina, consistência mole nos primeiros metros e média a dura em maiores profundidades. A água aflora entre 2 e 2,3 m. No ponto 1, aflora mais em superfície (há aterro de diversos materiais). | 24_S 01 | 1,3 | 1,3 |
| | | | 24_S 02 | 2 | 2 |
| | | | 24_S 03 | | |
| | | | 24_S 04 | 2,3 | 2,3 |
| | | | 24_S 05 | | |
| | | | 24_S 06 | 5 | 2,3 |
| | | | 24_S 07 | 5 | 2 |
| 25 | Formação Caturrita | 4 sondagens a trado manual: na porção mais alta do terreno (cota 132 m), até 1 metro o material é areia muito fina a fina e torna-se francamente argiloso em maior profundidade. Na porção de cota média do terreno, o solo é composto de areia muito fina, argilosa (até 30 cm); tornando-se mais argiloso com profundidade e foi verificado ascensão de água. Na porção de baixa altitude do terreno (125 m) nos primeiros 25 cm o solo é constituído de areia muito fina e pouco siltosa; tornando-se mais argilosa até 1,23 m; a partir de 1,23 m, diminui o conteúdo de argila e o material é areia média a grossa até 1,55 m. Há uma nascente, sondagem próxima indica areia média a muito grossa e surgência de água no furo a profundidade de 53 cm. Com nascentes na cota baixa. | 25_S 01 | 1,45 | |
| | | | 25_S 02 | 1,1 | 1 |
| | | | 25_S 03 | 1,55 | 1,55 |
| | | | 25_S 04 | 0,53 | 0,53 |
| 26 | Membro Alemoa | Não foi feito sondagem, apenas descrição geral: observou-se próximo da calha do Arroio Cancela lençol freático raso. Localmente podem ter flutuações na profundidade do nível de água em períodos chuvosos nas cotas mais baixas (pouca resistência a fundações, exigindo-as profundas). | | | |
| 27 | Membro Alemoa | sondagem até 6 m de profundidade. Solo superficial raso (até -0,50 m planossolo). Sequência geral de camadas: a base das sondagens é silte argiloso maciço (-6 m à -2,80 m); seguido de argila arenosa (-2,80 m à -0,90 m); seguida de areia argilosa (-0,90 à superfície). Não houve informação de nível de água. | | | |
| 28 | Membro Alemoa | 5 sondagens escavadas, com profundidade máxima variada, chegando no máximo à 3,20 m, sem presença de água. Em 04/04/2012. Base das sondagens é material argiloso de consistência mole. | | | |

| | | | | | | | | |
|----|-------------------------|---|---------|-------------------------|--|---------|-------|-----|
| 29 | Formação Caturrita | 5 sondagens com profundidade máxima variada, chegando no máxima à 4,74 m. Em 5/10/2011 e 06/10/2011; sem nível de água subterrânea. Base das sondagens é rocha de arenito, friável e impenetrável, sendo a superfície solo arenoso até -1 m. | | | | | | |
| 30 | Membro Alemoa | 12 sondagens (escavadas) de 4 metros em 25/01/2018. Material basicamente argiloso e plástico, de consistência mole. Sem nível de água observado. | | | | | | |
| 31 | Membro Alemoa | 20 sondagens entre os dias 25/11/2010 e 26/11/2010 (até uma média de 5 m de profundidade). Material de textura silto-arenosa, formando aquíclode (retenção de umidade e processo de capilaridade). O valor médio do nível de água nas 20 sondagens foi de 3 m | 31_S 01 | 5,4 | 4,66 | | | |
| | | | 31_S 02 | 5,3 | 1,93 | | | |
| | | | 31_S 03 | 5,01 | 4,65 | | | |
| | | | 31_S 04 | 5,04 | 4,04 | | | |
| | | | 31_S 05 | 5,05 | 2,24 | | | |
| | | | 31_S 06 | 5,27 | 4,73 | | | |
| | | | 31_S 07 | 5,27 | 2,25 | | | |
| | | | 31_S 08 | 3,46 | 2,9 | | | |
| | | | 31_S 09 | 5,17 | 4,89 | | | |
| | | | 31_S 10 | 5,2 | 1,73 | | | |
| | | | 31_S 11 | 5,18 | 1,84 | | | |
| | | | 31_S 12 | 5 | 1,03 | | | |
| | | | 31_S 13 | 5 | 1,05 | | | |
| | | | 31_S 14 | 5,2 | 1,88 | | | |
| 32 | Membro Alemoa | 18 sondagens a no máximo 3 m. Fundo basicamente solo argiloso (-3m À -0,50), seguido de solo arenoso em superfície. Não houve interceptação com o lençol freático. Janeiro 2025. | 31_S 15 | 5,1 | 4,07 | | | |
| | | | 31_S 16 | 5,2 | 4,47 | | | |
| | | | 31_S 17 | 4,5 | 3,62 | | | |
| | | | 31_S 18 | 5,18 | 2,89 | | | |
| | | | 31_S 19 | 4,6 | 3,74 | | | |
| | | | 31_S 20 | 3,1 | 2,46 | | | |
| | | | 33 | Formação Botucatu | 1 sondagem em 30/03/2023, profundidade máxima de 1,60 m, sem nível de água. A base do furo é material compacto, composto por cascalho (-1,60 m à -1,30 m); seguido por areia siltosa com presença de pequenos seixos (- 1,30 m à 0 m). | 33_S 03 | 1,6 | |
| | | | | | 1 sondagem em 30/03/2023, profundidade máxima de 4,15 m, sem nível de água. A base do furo é material compacto, composto por cascalho (-4,15 m à -4 m); seguido por areia siltosa com presença de pequenos seixos (- 4 m à -2 m); a superfície é solo arenoso com matéria orgânica. | 33_S 02 | 4,15 | |
| | | | 34 | Membro Alemoa | 4 sondagens escavadas, realizadas em 31/12/2021, profundidade máxima de 3,10 m e sem presença de nível de água. material argiloso, silte argiloso (leve umedecimento das paredes da trincheira em 1 sondagem, à - 2,60 m) | | | |
| | | | 35 | Membro Alemoa | 1 sondagem em 25/07/2024, limite de 10,15 m, com presença de água em 5 m. A base do furo é silte arenoso compacto, muito compacto (-10,15 m à -5,40 m); seguido de areia média pouco argilosa, friável e compacta (-5,40 à -4,90); seguido de argila arenosa plástica, mole à rija (-4,90 m à 1,10 m); camada superficial aterro materiais variados. | 35_S 04 | 10,15 | 5 |
| | | | | | 1 sondagem em 26/07/2024, limite de 10,15 m, com presença de água iniciando em 1,40 m e final em 0,79 m (em 30/07/2024). A base do furo é silte arenoso medianamente compacto à muito compacto (-10,15 à -5,30 m); seguido de areia média a grossa, friável, pouco compacta a medianamente compacta (-5,30 à -3,80 m); seguido de argila arenosa plástica muito mole (-3,80 m à -1 m); e em superfície aterro de materiais variados. | 35_S 03 | 10,15 | 1,4 |
| | | | | | 1 sondagem realizada em 29/07/2024, limite de 10,15 m, com presença de água iniciando em 2 m e final em 0,41 m (31/07/2025). A base do furo é silte arenoso compacto à muito compacto (-10,15 m à -4,30 m); seguido de argila siltosa plástica, média a dura (-4,30 m à -1 m); e superfície solo orgânico. | 35_S 02 | 10,15 | 2 |
| | | | | | 1 sondagem em 30/07/2024, limite de 10,10 m; com presença de água em 4 m. A base do furo é silte arenoso compacto à muito compacto (-10,10 m à -4,30 m); seguido de argila siltosa plástica mole a rija (-4,30 m à -1 m); em superfície solo orgânico. | 35_S 01 | 10,1 | 4 |
| | | | 36 | Membro Passo das Tropas | 20 sondagens variando de 3,00 à 3,30 metros (28/10/2022.) 1 sondagem chegou ao nível de água de 3 metros. | 36_S01 | 3 | 3 |
| 37 | Membro Passo das Tropas | 5 sondagens escavadas, realizadas em 2010, de até 3 metros: foi identificado camada argilosa, sem presença de água. | | | | | | |
| | | 1 sondagem em 10/04/2013, limite de 5,60 m, com presença de água em profundidade de 5 metros (estabilizando em 4,75). A base do furo é areia grossa friável, muito compacta (-5,60 à -1,30 m), seguida de argila arenosa (-1,30 m à -1 m); e em superfície areia argilosa preta orgânica. | 38_S 06 | 5,6 | 4,75 | | | |
| | | 1 sondagem em 16/04/2013, limite de 7 m, com presença de água em profundidade de 7 metros (estabilizando em -3,10). A base do furo é areia fina à média pouco siltosa e friável (-7 à -2 m), seguida de argila arenosa plástica (-2 m à -1 m); e em superfície argila arenosa preta. | 38_S 05 | 7 | 3,1 | | | |

| | | | | | |
|----|-------------------------|---|--------------|-------|-------|
| 38 | Membro Passo das Tropas | 1 sondagem em 09/04/2013, limite de 3,90 m, com presença de água em profundidade de 0,70 metros. A base do furo é areia fina compacta (-3,90 à -3 m), seguida de areia grossa pouco argilosa, medianamente compacta (-3 m à -1,80 m); seguida de areia média compacta (-1,80 m à -1 m) e em superfície areia média orgânica, fofa até -0,70 m. | 38_S 04 | 3,9 | 0,7 |
| | | 1 sondagem em 09/04/2013, limite de 4,40 m, com presença de água em profundidade de 2 metros. A base do furo é areia grossa pouco argilosa compacta (-4,4 à -3 m), seguida de argila pouco arenosa, plástica, mole (-3 m à -1 m) e em superfície areia média orgânica, fofa até -0,70 m. | 38_S 03 | 4,4 | 2 |
| | | 2 sondagens em 16/04/2013, limite de 5,70 m de profundidade, sem presença de água. A base é areia fina à média (-5,70 m à -2 m) e mais em superfície é argila arenosa (-1 m à -2) | 38_S 01 e 02 | 5,7 | |
| 39 | Membro Passo das Tropas | 9 sondagens realizadas em 2019, com indicação do nível de água. A base é silto argilosa (-2,8 m à -1,4 m); seguida de argila (-1,4 m à -0,8); superfície silto arenosa (-0,8 m à 0). | 39_S 01 | 2,8 | 2 |
| | | | 39_S 02 | 2,8 | 1,2 |
| | | | 39_S 03 | 2,8 | 1,4 |
| | | | 39_S 04 | 2,8 | 2 |
| | | | 39_S 05 | 2,8 | 1,8 |
| | | | 39_S 06 | 2,8 | 1,4 |
| | | | 39_S 07 | 2,8 | 2 |
| | | | 39_S 08 | 2,8 | 2 |
| | | | 39_S 09 | 2,8 | 1,2 |
| 40 | Formação Caturrita | 8 sondagens com profundidade entre 1,60 m à 3,50m. Em 13/12/2016. Pancadas fortes de chuvas nos dias anteriores. Não foi identificado nível de água, somente umidade. Basicamente argila arenosa com fragmentos de arenito e basalto (-3 m à -0,50), superfície de areia fina siltosa. | | | |
| 41 | Formação Caturrita | 4 sondagens a profundidades variadas, sendo o máximo 10,15 m. A base do furo é areia fina siltosa muito compacta (-10,15 m à -8,30 m); seguido de areia fina a média pouco argilosa muito compacta (-8,30 à -4,20); seguido de argila arenosa mole (-4,20 à -1,10 m); seguido de aterro (-1,10 à superfície). Com nível de água identificado. novembro de 2016. | 41_S 01 | 9,15 | 2 |
| | | | 41_S 02 | 10,15 | 2,7 |
| | | | 41_S 03 | 8,15 | 3 |
| | | | 41_S 04 | 10,15 | 2 |
| 42 | Membro Alemoa | perfuratriz rotativa para pilares de residência, profundidade máxima de 6 metros. Veio de água em torno de 2,5 m. Com dreno profundo (-2,5) em todo o terreno 08/08/2025 | 42 | 6 | 2,5 |
| 43 | Formação Caturrita | perfuratriz rotativa com perfuração de 5 a 6 metros para estaca pilar (fundação profunda) e contenção. Será um depósito com subsolo, de 2,60 m escavado. A água começou a aparecer com profundidade de 3,5 m à 4 m. Em uma sondagem de 6 m de profundidade (aberta no início da manhã), foi utilizado o medidor de nível de água no meio da tarde, sendo que o nível de água acusou em 3,5 m de profundidade (1 m de barro no fundo, 1,5m de lamina de água e 3,5m até a água). Realizado bombeamento de água para poder concretar. Solo arenoso, friável | 43 | 6 | 3,5 |
| 44 | Membro Alemoa | 6 sondagens em novembro/2018, profundidade máxima de 4,44 m. Com nível de água identificado em 4 furos. Fundo do furo argila siltosa rija a dura (-4,44 m à -2 m); seguida de argila siltosa consistência média (-2 m à -1), seguida de argila siltosa mole (-1 m à superfície). | 44_S 01 | 4,26 | 4 |
| | | | 44_S 02 | 4,28 | 4 |
| | | | 44_S 03 | 4,4 | 4 |
| | | | 44_S 04 | 4,41 | 4 |
| | | | 44_S 05 | 4,44 | |
| | | | 44_S 06 | 4,43 | |
| 45 | Membro Alemoa | 3 sondagens trado março/2017, profundidade máxima de 3,30 m, sem nível de água identificado. | | | |
| 46 | Membro Alemoa | 4 sondagens realizadas em 09/04/2024, a profundidade máxima de 11,10 m. Com nível de água identificado. Fundo do furo siltito (-11,40 m à -6,10), seguido de silte arenoso (6,10 m à -3,10 m), seguida de argila siltosa (-3,10 m à -1,40 m), seguida de argila arenosa (-1,40 à -0,10 m), superfície é camada vegetal verde (-0,10 m) | 46_S 01 | 11,1 | 0,5 |
| | | | 46_S 02 | 10,2 | 0,4 |
| | | | 46_S 03 | 11,1 | 0,6 |
| | | | 46_S 04 | 11,5 | 0,8 |
| 47 | Formação Caturrita | 8,55 m de subsolo em relação ao nível da rua. No último subsolo, há uma cisterna de captação de água. - A profundidade da cisterna é 4 metros a partir da última garagem; - A cisterna drena água de uma profundidade de 12,55 metros do nível natural do terreno. - Nas sondagens realizadas em 25/09/2020, a profundidade máxima de 20 metros, não foi encontrado nível de água; mas em algumas sondagens, há descrito: "fuga d'água a partir dos 4,50m e fuga d'água a partir dos 13,15m. Não sendo possível coletar amostras. | 47_S 01 | 20,09 | |
| | | | 47_S 02 | 20,11 | |
| | | | 47_S 03 | 20,09 | |
| | | | 47_S 04 | 17,1 | 13,15 |
| | | | 47_S 05 | 14,1 | 4,5 |
| | | | 47_S 06 | | |
| 48 | Formação Caturrita | Sem acesso ao laudo geológico ou ensaio SPT. Mas visitei o prédio, há uma cisterna no último subsolo: 11,4 m + a profundidade da cisterna (2,5 m) = 13,9 m de captação de água e bombeamento diário para a sarjeta. | | | |

| | | | | | |
|---------------|-------------------------|---|-------------|-------|------|
| 49 | Membro Alemoa | Obra de depósito sem subsolo; Perfuração de 5 metros para fundação; Solo muito mole, como lodo. Então perfuram 1,80 m com uma broca maior de 2 m de diâmetro para colocar um tubo de concreto e não desmoronar; Após a colocação desse tubo, continuam a perfuração com uma broca menor de 60 cm de diâmetro, chegando até 5 m; cimentando na sequência para não encher de água e desmoronar mais. Muito água vertendo a partir de 1 metro Sem sondagem prévia. | | | |
| 50 | Membro Alemoa | Prédio em execução, com liberação de água diária na sarjeta. Foram feitas 2 sondagens a uma profundidade máxima de 10,15 m. Com nível de água à 4 m e 2 m. Base do furo é silte arenoso com pouca argila (10,15 à 7,30), seguido de argila arenosa (-7,30 à -1 m). Em 21 e 22 de setembro de 2022. | 50_S 01 | 10,15 | 4 |
| | | | 50_S 02 | 10,15 | 2 |
| 51 | Membro Alemoa | Muro de contenção para uma casa. Furos sendo feitos em profundidade de 4 metros. Na base do furo começou a verter água, sendo necessário realizar concretagem imediata. Estacas encamisadas para fazer a casa ao lado, vertia muita água, havia um açude, que atualmente foi drenado. | 51 | 4 | 4 |
| 52 | Membro Passo das Tropas | Não tive acesso ao laudo geológico, mas visitei obra no dia 29/08/2025. São 2 etapas a observar: - A primeira interferência no subsolo foi de 7 metros abaixo do nível natural do terreno, para colocação de contenção. Quando começaram a perfurar as estacas de contenção, segundo o relato dos operários e mestre de obras, a água começou a verter com forte intensidade, já a partir do 3º metro escavado. Após a contenção, começaram a escavação, retirando o solo e foi preciso drenar o terreno; fizeram um buraco (dimensões: profundidade de 4 metros e largura 2,20), com todo o terreno com canaletas para a água ser direcionada até ele; no fundo do buraco há uma bomba que é ligada no mínimo 2 x ao dia (manhã e tarde). Segundo o relato, o buraco nunca chegou a secar, sempre tem água. Nessa interferência, foi interceptado o arenito, que está sobre uma base, um material bem argiloso. - A segunda etapa que estão fazendo, é a perfuração para a colocação de pilares, chegando a 16 metros de profundidade (a partir desse nível já escavado de 7 metros); Nessa fase, em torno de 10 metros já verte água novamente. Após aberto o buraco, em 1 dia, já está preenchido por água, água que verte do fundo. - Nesse prédio, também haverá um sistema de bombeamento permanente de água da garagem subsolo. | | | |
| 53 | Membro Alemoa | 6 trincheiras com profundidade média de 2,5 metros em 19/04/2022. Com identificação do N.A. Foram feitas também 8 sondagens, a profundidade máxima de 5,45 m e foi identificação água em 2 metros de profundidade, de forma geral. Material silto na base, argiloso mais em superfície. | 53_S 01 | 1,9 | 1,65 |
| | | | 53_S 02 | 2,5 | 2,4 |
| | | | 53_S 03 | 2,6 | 2 |
| | | | 53_S 04 | 2,6 | 1,7 |
| | | | 53_S 05 | 2,95 | 2 |
| | | | 53_S 06 | 2,3 | 1,45 |
| 54 | Membro Passo das Tropas | 3 sondagens a profundidade máxima de 6,03 metros, sem nível de água. Silte argiloso. Abril/2025. Segundo relato do mestre de obras, nas sondagens não apareceu água, mas quando foram perfurar as estacas, que tinham 8 metros, atingiram água. Usaram bomba sumersa para retirar água e concretar. As estacas estão concretadas; o poço do elevador e o subsolo não vão atingir nível de água, portanto não terá bombeamento permanente. | | | |
| 55 | Membro Alemoa | Prédio já pronto, antigo, diariamente água é observada sendo liberada na sarjeta. Tive acesso à garagem subsolo e mostrou as instalações: existem 2 caixas que são interligadas, que acumulam as águas do subsolo e 2 vezes ao dia é bombeada para a sarjeta na rua. Quando chove a liberação é quase que constante, pois acumula muita água. Relata que em 1996 a bomba estragou e a água chegou no para-choque do seu veículo. Hoje, possuem 2 bombas na casa de máquinas. O subsolo está em torno de 3 metros abaixo do nível da rua. A caixa que armazena as águas que são coletadas por drenos enterrados, tanto nas laterais como no meio do prédio, possui em torno de 1,80 de profundidade e em torno de 3,5 m de largura e 3,5 de comprimento. | 55 | | 3 |
| 56 | Depósitos Aluvionares | Dados da obra de travessia urbana de Santa Maria. Locais de sondagem e nível de água | Km 13+100 m | | 2,4 |
| | Depósitos Aluvionares | | Km 13+00 m | | 1,3 |
| 56 | Membro Passo das Tropas | Dados da obra de travessia urbana de Santa Maria. Locais de sondagem e nível de água | Km 12+700 m | | 1,2 |
| | Membro Passo das Tropas | | Km 12+500 m | | 1,3 |
| | Membro Passo das Tropas | | Km 12+370 m | | 1,3 |
| | Membro Passo das Tropas | | Km 3+900 m | | 2,2 |
| | Membro Passo das Tropas | | Km 3+800 m | | 3,7 |
| 56 | Membro Alemoa | Dados da obra de travessia urbana de Santa Maria. Locais de sondagem e nível de água | km10+750 m | | 1,7 |
| | Membro Alemoa | | Km 10+550 m | | 1,2 |
| | Membro Alemoa | | Km 10+300m | | 1,2 |
| | Membro Alemoa | | Km 10+200 m | | 1,8 |
| | Membro Alemoa | | Km 9+ 800 m | | 2,4 |
| | Membro Alemoa | | Km9+700 m | | 1,9 |
| | Membro Alemoa | | Km 9+620 m | | 1 |
| | Membro Alemoa | | Km 9+400 m | | 1,9 |
| | Membro Alemoa | | Km 8+900 m | | 1,8 |
| | Membro Alemoa | | Km 8+600m | | 1,6 |
| | Membro Alemoa | | Km 8+400 m | | 1,7 |
| | Membro Alemoa | | Km 8+ 200m | | 1,55 |
| | Membro Alemoa | | Km 8 | | 1,4 |
| | Membro Alemoa | | Km 6+100 m | | 1,5 |
| Membro Alemoa | Km 3+500m | | 1,4 | | |
| Membro Alemoa | Km 1+200 | | 1 | | |