



#### UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

Marina Ferlin Brugnera

# INVESTIGAÇÃO DA VULNERABILIDADE DE POÇOS DE ABASTECIMENTO DO MUNICÍPIO DE MARAU - RS

Trabalho de Conclusão de Curso

# Marina Ferlin Brugnera

# INVESTIGAÇÃO DA VULNERABILIDADE DE POÇOS DE ABASTECIMENTO DO MUNICÍPIO DE MARAU - RS

Trabalho de Conclusão, apresentado ao curso de Engenharia Ambiental da Universidade de Passo Fundo/RS.

Orientador: Prof. Doutor Cleomar Reginatto

#### MARINA FERLIN BRUGNERA

# INVESTIGAÇÃO DA VULNERABILIDADE DE POÇOS DE ABASTECIMENTO DO MUNICÍPIO DE MARAU - RS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Ambiental, da Universidade de Passo Fundo (UPF), como requisito parcial para obtenção do título de Engenheira Ambiental.

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof. Dr. Cleomar Reginatto

Cleanar Regination

Universidade de Passo Fundo

Prof. Dr. Iziquiel Cecchin

Universidade de Passo Fundo

Prof. Me. Eder Nonnemacher

Universidade de Passo Fundo



#### **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente agradeço a Deus, pela oportunidade de viver este momento, com saúde, fé e amor, principalmente por ele não me deixar dúvidas de seu amor incondicional por seus filhos.

Aos meus pais, Osmar e Sirlei pela paciência e pelo amor direcionados a mim, os quais sempre contavam com uma palavra de apoio e que tanto se dedicaram, mesmo que isso custasse tira-los de seu sono e conforto para me auxiliar no que fosse. A eles, agradeço a minha vida.

Ao meu irmão Estevão, o qual dês da primeira vez que seguirei a sua mão, sabia que ia ser minha dupla para a vida. Compreensivo e amoroso, colaborou comigo sempre que precisei.

Ao meu namorado Adailton, o qual foi maravilhoso, com sua paciência e dedicação me auxiliou a desenvolver este trabalho quando precisei, transformando esse período de conclusão ainda mais bonito e motivador.

As minhas amigas e colegas, que ao longo de nossos períodos acadêmicos dividíamos os nossos melhores momentos e aflições, contando sempre com a nossa amizade de revigorante e motivadora.

Ao meu orientador Prof. Dr. Cleomar Reginatto, por sua dedicação no presente trabalho de conclusão, e por ao longo da faculdade sempre nos auxiliar de forma solícita e bem humorada.

A todos minha gratidão, pois nesse trabalho tem um pouquinho de cada um de vocês.

BRUGNERA, Marina Ferlin. Investigação da vulnerabilidade de poços de abastecimento do município de Marau - RS. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Ambiental - Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo. 2021.

#### RESUMO

O município de Marau, Rio Grande do Sul, tem registros de 144 poços subterrâneos distribuídos pela cidade, verificados pelo Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS). Devido ao crescimento demográfico, Marau continua em desenvolvimento de indústrias, bairros, áreas rurais, escolas, e centros recreativos estão sendo projetados e construídos. Devido a esse crescimento, a poluição é a consequência, vulnerabilizando os lençóis freáticos através de atividades, como os manejos de recursos hídricos, usos do solo, e geração de resíduos sólidos, os quais estão diretamente atribuídos ao plano de saneamento básico do município. O presente Trabalho de Conclusão de Curso, teve como finalidade diagnosticar as áreas de vulnerabilidades ambientais de poços de abastecimento público, utilizado o método GOD, na identificação das áreas mais vulneráveis, e posteriormente, realizado o mapeamento dessas áreas com o auxílio do software arcgis. Perante a dados coletados e analisados provenientes do site SIAGAS, ao aplicar o método GOD, apontou-se seis pontos de maiores classificações de vulnerabilidades, bem como, apontou-se cinco pontos os quais não se classificam como mais vulneráveis, no entanto, situam-se nas proximidades de atividades potencialmente poluidoras, possuindo níveis estáticos aproximados da superficie. Dentre essas classificações, fez-se necessário indicar três poços como os principais naturalmente vulneráveis, não deixando de levar-se em conta as atividades próximas dos mesmos, o que justifica a ordem de vulnerabilidade de maior para menor. O ponto 4300009420, como o primeiro mais vulnerável, apresentando vulnerabilidade natural de 0,36 e situando-se próximo de um cemitério. O ponto 4300002110, segundo mais vulnerável, devido a estar próximo de um posto de gasolina, e apresentar vulnerabilidade natural de 0,60. O ponto 4300027718 como o terceiro mais vulnerável, devido a estar próximo de uma indústria metalúrgica, e apresentar vulnerabilidade de 0,40. Nos dias atuais, verifica-se o surgimento de novas atividades em locais vulneráveis, denotando-se assim a falta de conscientização e conhecimento. A fiscalização e o estudo desses locais vulneráveis é de suma importância, para que se iniciem a atenuação dos impactos, evitando possíveis problemas de saúde em seus consumidores.

**Palavras-chave:** Abastecimento Público. Método GOD. Poços Subterrâneos. *Software arcgis*. Vulnerabilidade.

BRUGNERA Marina Ferlin. Investigation of the vulnerability of supply wells in the county of Marau – RS. Conclusion of Environmental Engineering Course - University, Passo Fundo. 2021.

#### **ABSTRACT**

The county of Marau, Rio Grande do Sul, has records of 144 underground wells distributed throughout the city, verified by the Underground Water Information System (SIAGAS). Due to population growth, Marau continues to developing industries, neighborhoods, rural areas, schools, and recreational centers are being designed and built. Due to this growth, pollution is the consequence, making water tables vulnerable through activities such as water resource management, land use, and solid waste generation, which are directly attributed to the county's basic sanitation plan. The purpose of this final paper was to diagnose the areas of environmental vulnerabilities of public supply wells, using the GOD method, in the identification of the most vulnerable areas, and subsequently, the mapping of these areas was carried out with the support of the arcgis software. Because of the data collected and analyzed from the SIAGAS website, when applying the GOD method, six points with the highest vulnerability ratings were pointed out, as well as five points that are not classified as more vulnerable, however, they were located. in the vicinity of potentially polluting activities, having static levels close to the surface. Among these classifications, it was necessary to indicate three wells as the main naturally vulnerable ones, taking into account the activities close to them, which justifies the order of vulnerability from highest to lowest. Point 4300009420, as the first most vulnerable, has a natural vulnerability of 0.36 and is located close to a cemetery. Point 4300002110, second most vulnerable, due to being close to a gas station, has a natural vulnerability of 0.60. Point 4300027718 as the third most vulnerable, due to being close to a metallurgical industry, and has a natural vulnerability of 0.40. Nowadays, there is the emergence of new activities in vulnerable places, thus denoting the lack of awareness and knowledge. The inspection and study of these vulnerable places is of paramount importance, so that impacts can be mitigated, avoiding possible health problems for their consumers.

**Keywords:** Public Supply. GOD method. Underground Wells. *arcgis Software*. Vulnerability.

# LISTA DE FIGURAS

| Figura 1 - Representação do ciclo hidrológico na superfície terrestre                  | 14  |
|--|-----|
| Figura 2 - Poluição das águas subterrâneas   | 16  |
| Figura 3 - Fluxograma das etapas GOD.  | 23  |
| Figura 4 - Classificações do método GOD para definir a vulnerabilidade de contaminação | 23  |
| Figura 5 - Matriz do Risco de Contaminação de Aquíferos.                               | 26  |
| Figura 6 - Mapa de elevação topográfica do município de Marau                          | 27  |
| Figura 7 - Mapa pedológico de Marau.   | 28  |
| Figura 8 - Mapa hidrográfico do município de Marau                                     | 30  |
| Figura 9 - Mapa hidrogeológico do município de Marau                                   | 31  |
| Figura 10 - Mapa de localização de Marau.  | 34  |
| Figura 11 - Fluxograma de desenvolvimento.   | 35  |
| Figura 12 - Mapa de localização dos poços artesianos do município de Marau             | 37  |
| Figura 13 - Mapa do Grau de Confinamento Hidráulico da cidade de Marau (G)             | 38  |
| Figura 14 - Mapa de Ocorrência do Substrato Suprajacente do Município de Marau         | 40  |
| Figura 15 - Mapa das distribuições de níveis freáticos, no município de Marau          | 42  |
| Figura 16 - Mapa de vulnerabilidade de poços de abastecimento no município de          |     |
| Marau  | .43 |
| Figura 17 - Atividades potencialmente poluidoras                                       | .44 |
| Figura 18 - Mapa de localização de pontos vulneráveis e atividade potencialmente       |     |
| poluidoras   | 46  |

# LISTA DE QUADROS

| Quadro 1 - Classes de vulnerabilidades do método AVI.                         | 18 |
|---|----|
| Quadro 2 - Parâmetros para o índice DRASTIC.                                  | 20 |
| Quadro 3 - Valor do Índice Final DRASTIC.                                     | 22 |
| Quadro 4 - Classes de vulnerabilidade do aquífero aplicados para o método GOD | 24 |
| Quadro 5 - Método POSH para avaliação de Fontes Difusas.                      | 24 |
| Quadro 6 - Método POSH para avaliação de Fontes Pontuais.                     | 25 |
| Quadro 7 - Diagnósticos de problemas de Saneamento Básico.                    | 33 |
| Quadro 8 - Principais poços vulneráveis.                                      | 45 |
| Ouadro 9 - Principais pocos expostos a atividades potencialmente poluidoras   | 45 |

# SUMÁRIO

| 1 INTRODUÇÃO  | 11 |
|---|----|
| 1.1 Objetivos   | 13 |
| 1.1.1 Objetivo Geral  | 13 |
| 1.1.2 Objetivos específicos   | 13 |
| 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA   | 14 |
| 2.1 Águas subterrâneas e seus ciclos  | 14 |
| 2.2 Qualidade da água subterrânea e fatores de influência                             | 14 |
| 2.3 Legislações   | 16 |
| 2.4 Vulnerabilidade x risco de contaminação de recursos hídricos                      | 17 |
| ${\bf 2.5~Modelos~para~identificações~da~vulnerabilidade~de~poços~de~abastecimento~}$ | 18 |
| 2.5.1 Método AVI  | 18 |
| 2.5.2 Método DRASTIC  | 19 |
| 2.5.3 Método GOD  | 22 |
| 2.5.4 Método POSH   | 24 |
| 2.6 Caracterização da cidade de Marau-RS  | 26 |
| 2.6.1 Topografia  | 26 |
| 2.6.2 Clima   | 27 |
| 2.6.3 Vegetação   | 27 |
| 2.6.4 Pedologia   | 28 |
| 2.6.5 Hidrografia   | 29 |
| 2.6.6 Hidrogeologia   | 30 |
| 2.6.7 Sistemas de esgoto  | 32 |
| 2.6.8 Plano de Saneamento Básico de Marau   | 32 |
| 3 MATERIAL E MÉTODOS  | 34 |
| 3.1 Local de estudo   | 34 |
| 3.2 Delineamento do trabalho  | 35 |
| 3.3 Obtenção de dados para aplicação no modelo GOD                                    | 35 |
| 3.4 Aplicar o método GOD para a indicação de vulnerabilidade                          | 35 |

| 3.5 Construção de um mapa de vulnerabilidade de águas subterrâneas a parti- | r do |
|---|------|
| método GOD  | 36   |
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES   | 37   |
| 4.1 Localização dos poços artesianos  | 37   |
| 4.2 Grau de Confinamento da água subterrânea (G)                            | 37   |
| 4.3 Ocorrência de Substrato Suprajacente (O)                                | 39   |
| 4.4 Profundidade do Nível Freático (D)                                      | 41   |
| 4.5 Índice de Vulnerabilidade   | 42   |
| 4.5.1 Poços onde apresentam vulnerabilidade                                 | 44   |
| 4.5.2 Características dos pontos considerados de maior vulnerabilidade      | 47   |
| 4.5.3 Observação perante aos dados obtidos do SIAGAS                        | 48   |
| CONCLUSÕES  | 49   |
| SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS  | 50   |
| REFERÊNCIAS   | 51   |

### 1 INTRODUÇÃO

Os recursos hídricos, são essenciais para a sobrevivência humana, sua exploração e necessidade foram aumentando ao longo dos anos. Devido a necessidade de obter-se o conhecimento geral de usos e manejos de água, sejam por motivos de qualidade, escassez, excesso de água ou até mesmo pelo progresso do modelo de construções, desenvolveu-se a extração de água dês de baixas a altas profundidades.

As águas subterrâneas são essenciais para a vida, não apenas por abastecerem as cidades, o campo e servirem de insumo para diversas atividades econômicas, mas também por sustentarem vários sistemas aquáticos como rios, lagos, mangues e pântanos. Sem as águas subterrâneas, as florestas em regiões de clima seco ou tropical não sobreviveriam, tampouco os ambientes aquáticos existiriam ou cumpririam as suas funções ambientais (HIRATA *et al*, 2019).

A exploração das mesmas, iniciou-se há cerca de 5000 anos a.C, na China, e nos dias atuais estas perfurações estão sendo desenvolvidos com tecnologia de ponta, obtendo-se água potável, a qual é de difícil acesso superficialmente (PERFUGEL, 2019).

A partir do descobrimento desse recurso natural, muitos poços foram perfurados, porém a falta de manejos qualificados envolvendo o encerramento inadequado da perfuração de uso, sumidouros de esgotos, rejeitos industriais, fertilizantes, agrotóxicos, chorumes provenientes de cemitérios de cemitérios e outros resíduos sólidos, bem como os gastos excessivos de água, tem vulnerabilizado os lençóis existentes, contaminando e secando cada vês mais os mesmos, dificultando o seu futuro uso e preservação.

No Brasil, à semelhança de outros países, esses recursos estão diretamente ligados à segurança hídrica, principalmente em um contexto de mudanças climáticas globais. Apesar de sua importância para o abastecimento urbano, indústria e irrigação, sua gestão ainda é precária e faltam dados sobre seu uso ou sobre os impactos causados por uma infraestrutura de saneamento deficiente (HIRATA, 2019).

Alguns dos manejos os quais se desenvolveram ao longo da história, se mantiveram até hoje. Diferentes formas se desenvolveram para a captação de água subterrânea, mas poucas técnicas se desenvolveram para tratar a água após seu uso, ou até mesmo o encerramento de captações, devido ao gasto econômico os quais geram. Perante a isso, denota-se a vulnerabilidade em que os lençóis freáticos se encontram, os quais já estão há muito tempo sendo prejudicados.

Nesse sentido é de suma importância que se façam presentes estudos, pesquisas e divulgações do uso de lençóis freáticos, perante ao seu manejo, pois quanto mais água se tem, maior é a possibilidade de contaminação. Deve-se sim, utiliza-los para suas respectivas finalidades, porém de forma correta, sempre tratando o que for utilizado, para que não se contamine o que ainda será, de formas primaz e eficientes, sempre fiscalizadas pelas autoridades e população.

Os serviços de abastecimento de água no perímetro urbano e coleta e tratamento de esgoto sanitário de Marau, estão previstos no contrato de programa firmado entre o município e Corsan. Para os serviços de manejo de resíduos sólidos e manejo de águas pluviais não foram identificados instrumentos legais estabelecidos. Também não foi observada a existência de entidade ou agência reguladora e fiscalizadora dos serviços de saneamento básico como prevê a Lei 11.445/2007 (PSBM, 2019).

A vulnerabilidade das águas subterrâneas da cidade de Marau, Rio Grande do Sul, devido à boa distribuição de lençóis freáticos pela cidade, a contínua instalação de indústrias e atividades realizadas, irá ser a causa de estudo para o presente Trabalho de Conclusão de Curso.

A divulgação dos dados do presente trabalho, podem ser comunicados a prefeitura, aos centros de perfurações poços em Marau, os quais se apresentam como Cagliari e Corsan, bem como em locais de acesso público, como jornais e revistas. A partir disso, possibilita-se a conscientização da população, interrompimento de atividades potencialmente contaminadoras em locais vulneráveis, remediação dessas áreas quando necessário, bem como a futura redução de casos de contaminação de poços de abastecimento.

## 1.1 Objetivos

## 1.1.1 Objetivo Geral

Identificar as áreas vulneráveis a contaminações de poços de abastecimento, no município de Marau, Rio Grande do Sul.

## 1.1.2 Objetivos específicos

- Obter os dados para aplicação no modelo;
- Aplicar o método GOD para a indicação de vulnerabilidade;
- Construir um mapa de áreas vulneráveis a contaminações de poços de abastecimento para o município.

#### 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

## 2.1 Águas subterrâneas e seus ciclos

Segundo a Associação Brasileira da Águas Subterrâneas (2021), a água subterrânea é toda aquela que ocorre abaixo da superfície da Terra, preenchendo os poros ou vazios intergranulares das rochas sedimentares, ou as fraturas, falhas e fissuras das rochas compactas, e que sendo submetida a duas forças (de adesão e de gravidade) desempenha um papel essencial na manutenção da umidade do solo, do fluxo dos rios, lagos e brejos.

As águas subterrâneas cumprem uma fase do ciclo hidrológico, uma vez que constituem uma parcela da água precipitada. Durante a infiltração, uma parcela da água sob a ação da força de adesão ou de capilaridade, fica retida nas regiões mais próximas da superfície do solo, constituindo a zona não saturada. Outra parcela, sob a ação da gravidade, atinge as zonas mais profundas do subsolo, constituindo a zona saturada (SABAS, 2021). Na figura 1, consta o ciclo das águas subterrâneas.

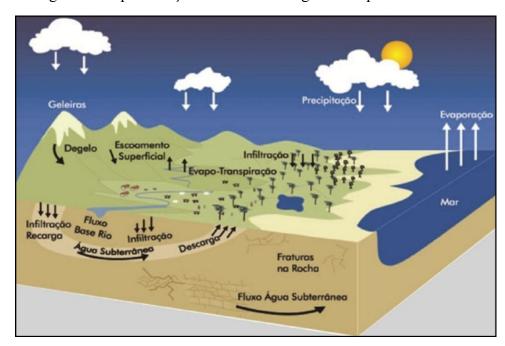


Figura 1 - Representação do ciclo hidrológico na superfície terrestre.

Fonte: Ministério do Meio Ambiente, 2021.

#### 2.2 Qualidade da água subterrânea e fatores de influência

A qualidade da água está ligada com fatores ambientais locais, climatológicos e as atividades as quais se encontram na região. A chuva é o principal fator do ciclo das águas subterrâneas, ela é responsável por distribuir a água evaporada para a região.

Segundo SABAS, 2021, após a precipitação, parte das águas que atinge o solo se infiltra e percola no interior do subsolo, durante períodos de tempo extremamente variáveis, decorrentes de muitos fatores:

- a) Porosidade do subsolo: a presença de argila no solo diminui sua permeabilidade, não permitindo uma grande infiltração;
- b) Cobertura vegetal: um solo coberto por vegetação é mais permeável do que um solo desmatado;
- c) Inclinação do terreno: em declividades acentuadas a água corre mais rapidamente, diminuindo a possibilidade de infiltração;
- d) Tipo de chuva: chuvas intensas saturam rapidamente o solo, ao passo que chuvas finas e demoradas têm mais tempo para se infiltrarem.

Perante os fatores ambientais todo o processo possibilita gerar água com qualidade, porém, nos dias atuais, constam-se instalações sobre o solo, as quais realizam atividades variadas. Esses, podem ser considerados fatores contaminantes para o meio ambiente, com possibilidades de atender todas as tendências ambientais para percolação e, dependendo do material percolante, poderá acentuar ainda mais a contaminação local.

Segundo AmbScience (2021) o solo é o habitat de diversas espécies de animais e abriga uma ampla variedade de plantas e alimentos que consumimos. Além disso, a sua "saúde" afeta diretamente a qualidade das águas subterrâneas, muito utilizadas para abastecimento da população, na figura 2, constam-se os exemplos de poluições. Os fatores colaborativos para a contaminação do solo, e como consequência da água são:

- a) Uso de fertilizantes e defensivos agrícolas: Os defensivos agrícolas como herbicidas e inseticidas são muito usados no combate a insetos e pragas. Entretanto, eles podem contaminar os alimentos, o solo e até torná-lo infértil, bem como levados pela água da chuva até os lençóis freáticos;
- b) Descarte incorreto de resíduos sólidos: A falta de uma gestão eficiente dos resíduos sólidos faz com que as substâncias nocivas presentes no lixo doméstico, industrial e rural entrem em contato com a natureza. Cabe destacar que o lançamento de esgoto sem tratamento no meio ambiente é um dos principais problemas brasileiros;

- c) Desastres ambientais: Casos de rompimento de barragens e acidentes em usinas nucleares, por exemplo, têm consequências gravíssimas porque lançam na natureza elementos altamente nocivos como material radioativo e metais pesados;
- d) Processos produtivos industriais: Em processos produtivos de indústrias, postos de gasolina e alguns comércios que lidam com substâncias químicas, podem ocorrer vazamentos e infiltração para o solo, especialmente se tratarem-se de processos mais antigos ou que estejam relacionados a estruturas subterrâneas, permitindo a infiltração de substâncias químicas, as quais podem, inclusive, migrar para locais externos aos empreendimentos. O solo pode ficar contaminado por muitos anos e as pessoas que entram em contato com este tipo de poluente. É importante lembrar que pode também ocorrer migração para águas subterrâneas e córregos/rios;
- e) A distância entre o lençol freático e à superfície do solo: a distância tem influência na vulnerabilidade, quanto mais próximo estiver, mais vulnerável e maior é a facilidade captação de água, quando maior a distância, menos vulnerável e menor facilidade de captação.

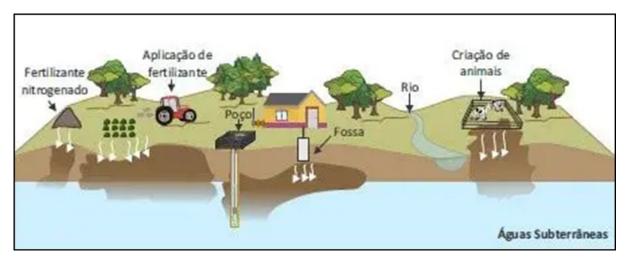


Figura 2 - Poluição das águas subterrâneas

Fonte: CETESB, 2019.

#### 2.3 Legislações

Segundo Hager Francis e D'almeida Marcelo (2007), bibliografias as quais focam em dados de qualidade da água e manejos de recursos subterrâneos, pode-se ter como base as seguintes leis:

- a) Lei 6.9381, de 31 de agosto de 1981, Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.
- b) Decreto n. 4.297, de 10 de julho de 2002 Regulamenta o art. 9°, inciso II, da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, estabelecendo critérios para o Zoneamento Ecológico-Econômico do Brasil ZEE, e dá outras providências.
- c) Lei n. 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 Trata das sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, regulamentada pelo Decreto n. 3.179, de 21 de setembro de 1999.
- d) Lei 9.605, de 1998 Leis dos Crimes Ambientais. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências.
- e) Lei 9.795, de 1999 Lei de Educação Ambiental. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências.
- f) Lei 9.985/00, de 18 de julho de 2000 -Lei do SNUC Regulamenta o art. 225 § 1, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal/88, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza.
- g) Resoluções do Conselho Nacional de Meio Ambiente CONAMA
- CONAMA n. º 303, de 2002 Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente, inclusive conceituando nascentes como exutório de águas subterrâneas.
- CONAMA n. 335, de 2003 Dispõe sobre o licenciamento ambiental de cemitérios. XV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas 4
- CONAMA n. 396, de 2008 Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento de águas subterrâneas.

#### 2.4 Vulnerabilidade x risco de contaminação de recursos hídricos

O conceito de vulnerabilidade pode ser entendido, de acordo com Foster (1988) é o conjunto de características intrínsecas dos estratos entre a zona saturada e a superfície do solo, o que determina sua suscetibilidade a sofrer os efeitos adversos de uma carga contaminante.

O risco de poluição da água subterrânea seria então definido como a probabilidade de que a água subterrânea na parte superior de um aquífero atinja níveis inaceitáveis de contaminação em decorrência das atividades que se realizam na cobertura imediata da superfície do solo (Foster e Hirata, 1988; Adams e Foster, 1992).

Segundo Santos *et. al.* (2010) é importante precisar a diferença entre vulnerabilidade e risco de poluição. O risco é causado não apenas pelas características intrínsecas do aquífero, muito estáveis, mas também pela existência de atividades poluentes, fator dinâmico, que em princípio pode ser controlado.

A contaminação ou não de um aquífero vai depender das atividades antrópicas que estão sobre ele localizadas, ou seja, este pode ser altamente vulnerável, mas não correr nenhum risco de ser contaminado por estar localizado numa área distante de fontes poluidoras (SANTOS et.al., 2010).

A avaliação da vulnerabilidade permite determinar as atividades antrópicas compatíveis com a vulnerabilidade natural de um determinado aquífero. Sendo assim a avaliação do risco de contaminação de um aquífero, é uma ferramenta imprescindível contra a degradação do mesmo. Torna-se então, essencial se possuir um conhecimento da descrição dos métodos principais utilizados na avaliação de risco de contaminação de aquíferos (OLIVEIRA DANIEL, 2013).

A vulnerabilidade e o risco de contaminação de recursos hídricos, envolvem as atividades realizadas, bem como os fatores naturais os quais ali estão presentes. Pode-se citar como fatores naturais, o nível estático, tipo de solo, o clima, topografia, geologia, geomorfologia e malha hídrica (RBGF, 2014).

#### 2.5 Modelos para identificações da vulnerabilidade de poços de abastecimento

#### 2.5.1 Método AVI

O método AVI, indica o Índice de Vulnerabilidade do Aquífero. Este método foi desenvolvido pelo National Hydrology Research Institute, situado no Canadá. Esta metodologia visa obter o tempo de percurso vertical, ou seja, o tempo que o contaminante irá levar para atingir as camadas de águas subterrâneas. Para tanto, divide-se a espessura de cada amada sedimentar acima da zona saturada pela condutividade hidráulica (Guiguer & Kohnke, 2002). O quadro 1 indica as suas classes de vulnerabilidade.

 di – Espessura de cada amada sedimentar acima da zona saturada mais próxima da superfície (m);

Ki – Condutividade Hidráulica estimada de cada uma dessas camadas (m/s).

 $C = \sum (di/Ki) (1)$ 

Quadro 1 - Classes de vulnerabilidades do método AVI.

| VULNERABILIDADE<br>INTRÍNSECA | TEMPO DE<br>PERCURSO<br>VERTICAL | CARACTERÍSTICAS DA VULNERABILIDADE DO<br>AQUÍFERO  |
|-------------------------------|----------------------------------|--|
| Classes                       |                                  |  |
| Classe 1                      | < 5 anos                         | A água chega muito rápido ao aquífero através de material de alta condutividade hidráulica (areia/cascalho)          |
| Classe 2                      | 5 – 10 anos                      | A água chega rápido ao aquífero, sendo que ambos, o material e a distância ao aquífero, controlam a taxa de recarga. |

| Classe 3 | 10 – 100 anos                | A água chega devagar ao aquífero sendo que ambos, o material e a distância ao aquífero, controlam a taxa de recarga. |  |  |
|----------|------------------------------|--|--|--|
| Classe 4 | >100 anos                    | A água chega muito devagar ao aquífero através de material de baixa condutividade hidráulica (silte/argila).         |  |  |
| Classe 5 | Não ocorre fluxo descendente | A mais baixa vulnerabilidade, com fluxo ascendente ou gradiente próximo a zero.                                      |  |  |

Fonte: Guiguer & Kohnke, 2002.

#### 2.5.2 Método DRASTIC

O método DRASTIC, desenvolvido por Aller et. al. (1987), é composto pela soma dos produtos entre o peso de cada parâmetros e a classificação de cada um, obtendo-se a pontuação final numérica ou valor do índice. (Pinto, Alice, 2016).

Os dados utilizados para ponderações, segundo Segundo Aller et al. (1987) são:

- → **D** = Depth (profundidade do nível freático da água subterrânea);
- $\rightarrow$  **R** = Recharge (recarga do aquífero);
- $\rightarrow$  **A** = Aquifer (material do aquífero);
- $\rightarrow$  S = Soil (tipo de solo);
- $\rightarrow$  T = Topography (topografia);
- → I = Impact (impacto da zona não saturada);
- $\rightarrow$  C = Hydraulic conductivity (condutividade hidráulica);
- $\rightarrow$  Xi e Xp = é o índice atribuído ao parâmetro de peso respectivo.

O quadro 2, indica os pesos atribuídos para os respectivos parâmetros e situações.

Quadro 2- Parâmetros para o índice DRASTIC.

(Continua)

| Parâmetro                   | Definição   | Peso | Caracterização Do<br>Parâmetro          | Índice |
|-----------------------------|---|------|---|--------|
|                             |   |      | >30,5 (m)                               | 1      |
|                             |   |      | 22,9-30,5 (m)                           | 2      |
|                             | É a distância, medida na vertical, entre a  |      | 15,2-22,9 (m)                           | 3      |
| Profundidade de<br>água (D) | superfície e o nível freático. Funciona como uma força resistiva para a   | 5    | 9,1-15,2 (m)                            | 5      |
| uguu (D)                    | movimentação do contaminante  | Ī    | 4,6-9,1 (m)                             | 7      |
|                             |   |      | 1,5-4,6 (m)                             | 9      |
|                             |   |      | <1,5 (m)                                | 10     |
|                             |   |      | < 51 (mm/ano)                           | 1      |
| Recarga do                  | Ćidada da (idada da   |      | 51-102 (mm/ano)                         | 3      |
| aquífero (R)                | É a quantidade de água por unidade de<br>área que penetra na superfície do solo e<br>atinge o aquífero  | 4    | 102-178 (mm/ano)                        | 6      |
|                             |   |      | 178-254 (mm/ano)                        | 8      |
|                             |   |      | > 254 (mm/ano)                          | 9      |
|                             |   |      | Xisto argiloso, argilito                | 1-3    |
|                             |   | 3    | Rocha<br>metamórfica/ígnea              | 2-5    |
|                             |   |      | Rocha metamórfica /                     | 3-5    |
|                             | É a tipologia da rocha, abaixo da superfície da Terra, com capacidade para  |      | ígnea alterada<br>Arenito, calcário e   | 5-9    |
| Material do                 | armazenar água subterrânea. O tipo de   |      | argilito estratificados                 | 4-9    |
| aquífero (A)                | rocha pode afetar, de forma significativa, o fluxo de contaminantes   |      | Arenito maciço                          |        |
|                             | nas águas subterrâneas  |      | Calcário maciço                         | 4-9    |
|                             |   |      | Areia e cascalho                        | 4-9    |
|                             |   |      | Basalto                                 | 2-10   |
|                             |   |      | Calcário carsificado                    | 9-10   |
|                             |   |      | Argila não agregada e<br>não expansível | 1      |
|                             | É a camada de materiais, situados desde<br>a superfície da terra e a rocha que lhes<br>deu origem. A percolação de<br>contaminante é altamente condicionada<br>pelo tipo de solo presente em cada |      | Lodo ("Muck")                           | 2      |
| Time de sel (C)             |   | 2    | Franco argiloso                         | 3      |
| Tipo do solo (S)            |   |      | Franco siltoso                          | 4      |
|                             | região  |      | Franco                                  | 5      |
|                             |   |      | Franco arenoso                          | 6      |

|                                |   |   | Argila agregada e/ou<br>expansível  | 7    |
|--------------------------------|---|---|---|------|
|                                |   |   | Turfa   | 8    |
|                                |   |   | Areia   | 9    |
|                                |   |   | Balastro  | 10   |
|                                |   |   | Fino ou ausente   | 10   |
|                                |   |   | >18 (por cento do declive)  | 1    |
|                                |   |   | 12-18 (por cento do declive)  | 3    |
| Topografia (T)                 | Este parâmetro é determinado pelo declive médio da superfície da área em estudo   | 1 | 6-12 (por cento do declive)   | 5    |
|                                | estudo  |   | 2-6 (por cento do declive)  | 9    |
|                                |   |   | 0-2 (por cento do declive)  | 10   |
|                                |   |   | Camada confinante   | 1    |
|                                |   |   | Argila/Silte  | 2-6  |
|                                | É a camada que se encontra localizada entre a superfície da água e a base do solo. O impacto deste parâmetro para a vulnerabilidade, é medido em termos da porosidade dos materiais, da sua permeabilidade e da espessura que apresenta | 5 | Xisto argiloso, argilito  | 2-5  |
|                                |   |   | Calcário  | 2-7  |
|                                |   |   | Arenito   | 4-8  |
| Impacto da zona                |   |   | Arenito, calcário e argila estratificados                                 | 4-8  |
| não saturada (I)               |   |   | Areia e balastro com<br>percentagem<br>significativa de silte e<br>argila | 4-8  |
|                                |   |   | Rocha<br>metamórfica/ígnea  | 2-8  |
|                                |   |   | Areia e cascalho  | 6-9  |
|                                |   |   | Basalto   | 2-10 |
|                                |   |   | Calcário carsificado  | 8-10 |
|                                |   |   | <4,1 (m/d)  | 1    |
|                                | ,   |   | 4,1-12,2 (m/d)  | 2    |
| Condutividade<br>hidráulica do | É um parâmetro que traduz a velocidade a que a água se pode deslocar dentro de  | 3 | 12,2-28,5 (m/d)   | 4    |
| aquífero (C)                   | determinada formação geológica  |   | 28,5-40,7 (m/d)   | 6    |
|                                |   |   | 40,7-81,5 (m/d)   | 8    |
|                                |   |   | > 81,5 (m/d)  | 10   |

Fonte: Alice Pinto, 2006.

Após a identificação das classificações, seleciona-se o valor que se atribui ao grau de vulnerabilidade do método.

Quadro 3 - Valor do Índice Final DRASTIC.

| VALORES             | NÍVEL DE VULNERABILIDADE |
|---------------------|--------------------------|
| Menor ou igual a 79 | Desprezível              |
| 80 a 99             | Muito Baixa              |
| 100 a 199           | Baixa                    |
| 120 a 139           | Moderada                 |
| 140 a 159           | Alta                     |
| 160 a 179           | Muito Alta               |
| Maior ou igual 180  | Extrema                  |

Fonte: Alice Pinto, 2006.

É um método muito utilizado para avaliações qualitativas de vulnerabilidades e mapeamentos, que permitem integrar vários parâmetros caracterizadores do meio subterrâneo e da sua especificidade (Souza, Natália, 2009).

#### 2.5.3 Método GOD

Para que haja a avaliação da vulnerabilidade, o método GOD proposto por Foster e Hirata (1993) será utilizado para mapear a vulnerabilidade natural das águas subterrânea de Marau, devido a sua simplicidade e objetividade.

A metodologia GOD, classifica a vulnerabilidade do aquífero em relação a três paramentos, na língua portuguesa, esses parâmetros indicam:

- →G, grau de confinamento hidráulico da água subterrânea;
- →O, ocorrência de substratos suprajacentes e grau de consolidação da zona não saturada ou camadas confinadas e
- →**D**, profundidade do nível d'água subterrâneo. Cada um dos parâmetros tem seu grau variando de zero a um, tendo o número zero como vulnerabilidade insignificante e um como vulnerabilidade extrema, o índice é calculado pela variação desses três parâmetros. (FOSTER et al, 2002).

A figura 3, mostra as etapas de classificação que deve-se seguir para definir a vulnerabilidade através do método GOD.

2º etapa 3º etapa 1º Etapa Classificação da O produto dos Classificação da Classificação do ocorrência e profundidade do três parâmetros grau e o tipo da caracterização nível d'água, multiplicados água geológica da exibido numa subterrânea entre zona não índice. saturada entre 0 - 10.6 - 10,4 - 1

Figura 3 - Fluxograma das etapas GOD.

Fonte: Boss,2008, (adaptado pela autora).

A figura 4 contém a sequência de parâmetros, atribuídos a valores perante as suas características.

SEMICONFINADO CONFINADO GRAU DE CONFINAMENTO HIDRÁULICO — (G) (ocorrência de água subterrânea) 0,4 0,6 1,0 Argilas Limos aluviais Não Areias aluviais e fluvio-glacial Materiais coluvionar lacustres e de estuários loess, till glacial residuais OCORRÊNCIA DO F SUBSTRATO SUPRAJACENTE Arenitos Argilas Calcáreos e Consolidado Limonitas Tufos Lutitos (rochas porosas) (O) (características litológicas e grau de consolidação da FF zona não saturada Formações igneas/metamórficas Lavas Caliche + calcário Consolidado ou camadas (rochas vulcânicas confinantes) vulcānicas antigas recentes carsificad compactas) 0,5 0,6 0,7 0,8 0,9 1,0 Grau de fissuração DISTÂNCIA AO FF NÍVEL DA ÁGUA SUBTERRÂNEA 5 ន Ŕ 5 - 10 ġ (confinado ou livre) Capacidade de atenuação relativa (conteúdo de argila) 0,5 0,6 0,7 0,9 0.8 0,1 0,2 0,3 0,4 0,5 0,6 0,7 0,8 0,9 1,0 DESPREZÍVEL BAIXA MÉDIA ALTA **EXTREMA** 

Figura 4 - Classificações do método GOD para definir a vulnerabilidade de contaminação.

Fonte: Adaptado por Amaral Ana, Bayer Dr. Maximiliano, 2014.

O valor máximo do índice é 1,0, representando uma vulnerabilidade máxima. O valor mínimo é 0,016, se houver aquífero, ou mesmo zero se não houver aquífero (Lobo Ferreira *et al.*, 2009). As classes de vulnerabilidade de aquífero através do método GOD, podem ser atribuídas pelo Quadro a seguir.

Quadro 4 - Classes de vulnerabilidade do aquífero aplicados para o método GOD.

| Intervalo | Classe      | Característica   |  |  |
|-----------|-------------|--|--|--|
| 0 - 0,1   | Desprezível | Desconsidera a camadas confinantes com fluxos verticais descendentes não significativos          |  |  |
| 0,1 - 0,3 | Baixa       | Vulnerável a poluidoras conservativos em longo prazo, quando continuamente e amplamente lançados |  |  |
| 0,3 - 0,5 | Média       | Vulnerável a alguns poluentes, mas somente quando continuamente lançado                          |  |  |
| 0,5 - 0,7 | Alta        | Vulnerável a muitos poluentes, exceto aqueles pouco móveis e pouco persistentes                  |  |  |
| 0,7 - 1,0 | Extrema     | Vulnerável a muitos poluentes, com rápido impacto em muitos cenários de poluição                 |  |  |

Fonte: Adaptada de Barboza et al. 2007; Souza, 2009.

#### 2.5.4 Método POSH

O método de POSH (Pollutant Origin, Surcharge Hydraulically), foi desenvolvido por Foster et. al. (2002), e o mesmo caracteriza a carga de contaminações em três níveis, elevada, moderada e reduzida, e isso varia de acordo com a origem e sobrecarga hidráulica do poluente, o que influência no transporte advectivo do contaminante.

A partir da caracterização de uso e ocupação do solo, este método define o perfil de contaminação, bem como os seus comportamentos de mobilidade e persistência. Nesses locais, pode-se classificar se são contaminações difusas ou pontuais.

Para fontes difusas, o método atribui possibilidades distintas para a geração desse contaminante, tais como o saneamento in situ e as práticas agrícolas empregadas nos ambientes rurais, como consta no quadro 5, abaixo (Lima, Diego, 2014).

Quadro 5- Método POSH para avaliação de Fontes Difusas.

| POTENCIAL DE CARGA      | Fonte   | Fonte de Contaminação   |  |  |
|-------------------------|---|---|--|--|
| CONTAMINANTE DE SUBSOLO | Saneamento in situ  | Práticas agrícolas  |  |  |
| Elevado                 | Cobertura da rede de esgoto inferior a 25% e densidade populacional superior a 100 pessoas/há.          | Culturas comerciais intensivas, geralmente<br>monoculturas em solos bem drenados, em climas<br>úmidos ou com baixa eficiência de irrigação, pasto<br>intensivo em campos intensamente fertilizados. |  |  |
| Moderado                | Intermediário entre elevado e reduzido  |   |  |  |
| Reduzido                | Cobertura da rede de esgoto superior<br>a 75% e densidade populacional<br>inferior a<br>550 pessoas/há. | Rotação das culturas, terra para pasto extensivo, sistemas de cultivo ecológico, plantações com alta eficiência de irrigação em regiões áridas e semiáridas.  |  |  |

Fonte: Foster et al. (2006).

As fontes de contaminações relacionadas ao saneamento in situ, correlaciona-se a atividades a técnicas como latrinas, fossas negras e fossas sépticas, as quais não providenciam o tratamento eficaz de afluente, possibilitando assim a percolação de organismos patogênicos, dessa forma, o método leva em conta a densidade populacional e taxa de cobertura da rede de esgotamento sanitário (FOSTER et. al., 2006).

As fontes de contaminações relacionadas a fontes difusas, estão relacionadas a áreas de cultivo e pastagem, nas quais os empregos de fertilizantes, agrotóxicos, irrigações podem implicar na contaminação do solo e águas subterrâneas. A classificação destas fontes segundo o método POSH varia conforme as práticas agrícolas empregadas (Lima, Diego, 2014).

Quadro 6 - Método POSH para avaliação de Fontes Pontuais.

| Potencial de gerar carga<br>Contaminante no<br>subsolo | Deposição de<br>resíduos<br>sólidos   | Áreas industriais  | Lagoas de águas<br>residuais   | Outras<br>(urbanas)  | Mineração e<br>exploração de<br>petróleo                                 |
|--|---|--|--|--|--|
| Elevado  | Resíduo<br>industrial tipo 3,<br>resíduo de<br>origem<br>desconhecida   | Indústria tipo 3 ou<br>qualquer atividade<br>que manuseie<br>>100 kg/d de<br>produtos<br>químicos<br>perigosos | Todos os resíduos<br>Industriais tipo 3,<br>qualquer efluente<br>(exceto esgoto<br>residencial)<br>Se a área >5 ha |  | Operações em campos de petróleo, mineração de metais                     |
| Moderado   | Chuva >500<br>mm/a com<br>Resíduos<br>residenciais/<br>agroindustriais/<br>industriais tipo<br>1, ou todos os<br>demais casos | Indústria tipo 2   | Esgoto residencial<br>se a área >5 ha,<br>demais casos não<br>relacionados acima<br>ou abaixo                      | Postos de gasolina, vias de transporte com tráfico regular mineração/ extração de de produtos químicos perigosos | Algumas atividades<br>de mineração /<br>extração de<br>materiais inertes |
| Reduzido   | Chuva <500<br>mm/a com<br>resíduos<br>residenciais/<br>agroindustriais/<br>Industriais tipo                                   | Indústria tipo l   | Águas residuais<br>residenciais, mistas,<br>urbanas, agro<br>industriais e de<br>mineração de não<br>metálicos     | Cemitérios   |  |

\*solos contaminados de industrias abandonadas devem ter a mesma classificação que a da própria indústria

Indústrias Tipo 1: madeireiras, manufaturas de alimentos e bebidas, destilarias de álcool e açúcar, processamento de materiais não metálicos:

Indústrias Tipo 2: fábricas de borracha, fábricas de papel e celulose, detergente e sabão industrias, têxteis, fábricas de fertilizantes, usinas elétricas, fábricas de detergente e sabão;

Indústrias Tipo 3: Oficinas de engenharia, refinarias de gás/petróleo, fábricas de produtos químicos,

farmacêuticos/plásticos/pesticidas, curtumes industrias eletrônicas, processamento de metal.

Fonte: FOSTER et al. (2006).

Na última etapa de classificações, faz-se necessário a combinação dos resultados das análises de vulnerabilidade e carga de contaminante, para que seja concluída a caracterização de águas subterrâneas. Segundo Foster et. al. (2006), usa-se matriz na Figura 5.

ZONAS DE VULNERABILIDADE DO AQUÌFERO À CONTAMINAÇÃO\* baixa média CARGA CONTAMINANTE POTENCIAL 3 3 2 2 2 1 2 1 NÍVEL DE PRIORIDADE 2 = médio 3 = baixoNúmero de zonas/áreas reduzidas para simplificar a representação

Figura 5 - Matriz do Risco de Contaminação de Aquíferos.

Fonte: FOSTER et. al. (2006)

#### 2.6 Caracterização da cidade de Marau-RS

#### 2.6.1 Topografia

Marau possui posição geográfica de latitude: 28°26'52" e longitude: 52°11"14", localizada na Região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, tendo como pontos mais altos a região do Tope e São Pedro do Jacuí. (Plano Municipal De Gestão Integrada De Resíduos Sólidos, PMGIRS, 2013).

A topografia dentro do perímetro de 3 quilômetros, contém variações significativas de altitudes, com mudança máxima de 200 metros. Dentro do perímetro de 16 quilômetros, há variações significativas de altitude (375 metros). Dentro do perímetro de 80 quilômetros, há variações muito significativas de altitude (825 metros). (Weather Spark, 2020). A representação da variação de elevação topográfica, está representada na figura 6.

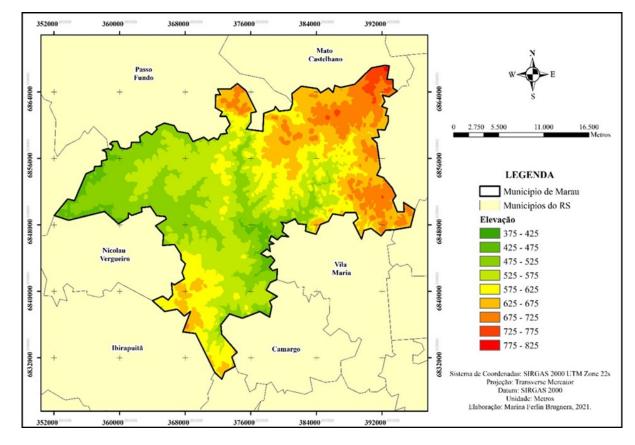


Figura 6 - Mapa de elevação topográfica do município de Marau.

Fonte: Autora, 2021.

#### 2.6.2 Clima

Segundo o Plano de Saneamento Básico de Marau (2015), o clima é quente e temperado, existe uma pluviosidade significativa ao longo do ano em Marau. Mesmo o mês mais seco ainda assim apresenta muita pluviosidade. A temperatura média é 18.1 °C. e a pluviosidade média anual é de 1695 mm, de acordo com a Köppen e Geiger. O mês mais seco é março, e o mais precipitado é o de setembro.

#### 2.6.3 Vegetação

Apresenta vegetações do tipo da mata atlântica, como nas demais regiões gaúchas. (Plano Municipal de Educação de Marau, 2015).

#### 2.6.4 Pedologia

A estrutura geológica do seu solo é de arenito-basáltico, segundo dados obtidos do site de Infraestrutura Nacional de dados Espaciais (INDE, 2020). O município é composto na sua maioria por Solo Latossolo Vermelho Aluninoférrico, e se fazem presentes o Nitossolo Bruno Alumínico, Argiossolo Vermelho Alumínico, Latossolo Vermelho Distrófico, como consta na figura 7.

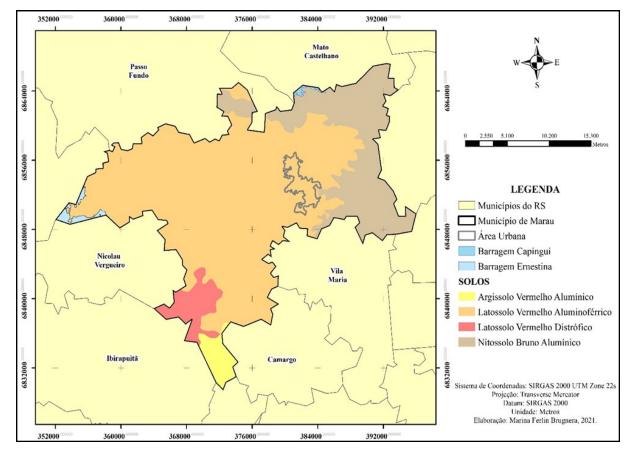


Figura 7- Mapa pedológico de Marau.

Fonte: Autora, 2021

Segundo dados da EMBRAPA (2018), perante a classificação de solo Argiossolo Vermelho Alumínico, o mesmo possui caráter alumínico na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA). De acordo com João Paulo de Carvalho (2021), Argissolos, apresentam-se com horizonte A espessos revelando maior disponibilidade hídrica no horizonte B, favorecendo as plantas com sistema radicular muito profundo. Em geral, são solos com maior disponibilidade hídrica no perfil, apresentando baixa percolação. Nos aspectos da paisagem os Argissolos ocorrem em locais mais declivosos portanto, apresentam erosão.

Perante a classificação de Nitossolos, estes solos são moderadamente drenados, apresentando-se no município o Nitossolo Bruno Alumínico, os quais são solos com caráter alumínico na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA) (EMBRAPA, 2018). De acordo com Carvalho, Paulo (2021), Nitossolos possuem disponibilidade hídrica muito maior do que os Latossolos, devido a sua estrutura prismática ou em blocos ricamente constituído de micro poros, aderindo a capacidade de retenção de líquidos.

Perante a classificação de Latossolos, são solos fortemente drenados ou excessivamente drenados, em Marau, diferem-se em dois tipos, o solo Latossolo Vermelho Aluninoférrico, o qual possui caráter alumínico e teores de Ferro, na maior parte dos primeiros 100cm do horizonte B (inclusive BA), e o Latossolo Vermelho Distrófico possui características de saturação por bases < 50% na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA) (EMBRAPA, 2018). De acordo com Carvalho, Paulo (2021), os Latossolos, apesar da ter textura semelhante em relação aos Nitossolos, não apresentam a mesma estrutura e microporosidade do horizonte B nítico, além de que a fração argila floculada no horizonte B latossólico confere no seu perfil rápida permeabilidade da água após a chuva ou a irrigação.

#### 2.6.5 Hidrografia

Os principais rios são o Capinguí, que corta o município de norte a sul e é afluente do Rio Guaporé e tem como afluentes os Arroios Gritador e Burro Preto. O Rio Jacuí, ao norte, na divisa com Passo Fundo, que vai formar a barragem de Ernestina, tendo como afluente os Arroios Ernestina, Três Passos e Carreta Quebrada; e o Rio Marau, que banha a cidade de leste a sul, é formado pelos rios Marauzinho e Sesteada e desemboca no Capinguí (Plano Municipal de Educação de Marau – RS, 2015), como consta na figura 8.

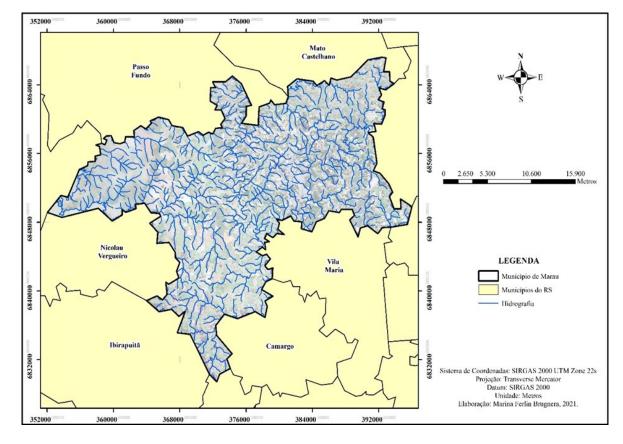


Figura 8 - Mapa hidrográfico do município de Marau.

Fonte: Autora, 2021.

# 2.6.6 Hidrogeologia

Segundo o Serviço Geológico do Brasil, a hidrogeologia da cidade de Marau, situa-se sobre o sobre o Aquífero Serra Geral I e II, como pode-se ver na figura 9.

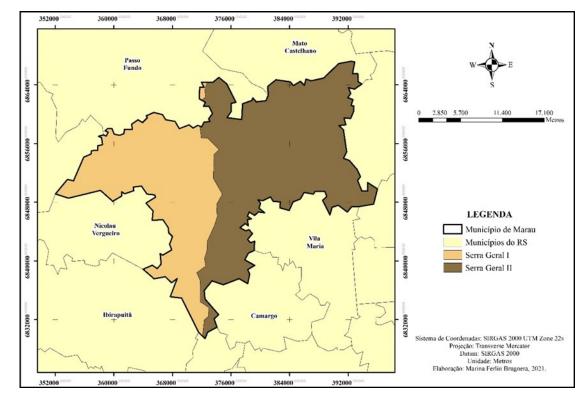


Figura 9 - Mapa hidrogeológico do município de Marau.

Fonte: Autora, 2021.

Segundo o Plano de Saneamento Básico de Marau (2015), a formação do Sistema Aquífero Serra Geral I apresenta aquíferos com alta a média possibilidade para águas subterrâneas, enquanto o Sistema Aquífero Serra Geral II é caracterizado por apresentar aquíferos com média a baixa possibilidade para águas subterrâneas em rochas com porosidade por fraturas em seu sistema hidrogeológico.

A estrutura geológica do seu solo é de arenito-basáltico. O mesmo, provem da intercalação de camadas de basalto e arenito, sendo nomeado de cuestas. É resistente a processos erosivos e a depressão periférica, mais conhecido por Depressão Central no Rio Grande do Sul (Exposti Karen, 2021).

Perante Bevilacqua (2015, *apud* Aller et al. 1987), a contaminação do recurso hídrico e o tipo de rocha podem variar, apresentando diferentes comportamentos:

Arenito - Rocha consolidada, a qual possui porosidade primária e secundária apresentando camadas de depósitos espessos, denotando-se um potencial de contaminação que varia de acordo com o faturamento e a porosidade primária a rocha.

Basalto - Rocha ígnea extrusiva consolidada, a qual apresenta fraturas, porosidade vesicular e acabamentos, denotando-se um potencial de poluição alto, que deve variar de acordo

com a quantidade de aberturas conectadas, dessa forma, quando apresenta-se contaminação é de difícil atenuação.

#### 2.6.7 Sistemas de esgoto

O município de Marau possui uma galeria central que corta o centro da cidade, recebendo o esgoto sanitário das edificações da região central e de bairros onde a mesma é conduzida, assim como as aguas de drenagem pluvial das mesmas localidades. A galeria central possui aproximadamente 1.200 metros de extensão e teve sua implantação iniciada nos anos 1970.

Os problemas os quais se apresentam na parte de saneamento básico do município ocorrem com muita frequência na região central da cidade e com menor frequência nos bairros mais antigos. Estes, acontecem devido a estruturas antigas, as quais apresentam rupturas, fissuras e rompimentos; necessidade de ampliação de redes existentes devido a construção de unidade habitacionais, e tratamento de efluente no final das redes, o qual necessita ser eficiente e estar dentro das legislações vigentes (PSBM, 2015).

#### 2.6.8 Plano de Saneamento Básico de Marau

Perante aos dados de desenvolvimento municipal, deve-se constar o cuidado com atividades realizadas, em relação ao meio ambiente, visando a elaboração de projetos, tecnologias, tratamentos, para que se possa haver o desenvolvimento adequado, sem anular possíveis recursos futuros devido à falta de planejamento.

Dentre as principais atividades de saneamento estão a coleta e o tratamento de resíduos das atividades humanas tanto sólidos quanto líquidos (lixo e esgoto), prevenir a poluição das águas de rios, mares e outros mananciais, garantir a qualidade da água utilizada pelas populações para consumo, bem como seu fornecimento de qualidade, além do controle de vetores. Incluem-se ainda no campo de atuação do saneamento a drenagem das águas das chuvas, prevenção de enchentes e cuidados com as águas subterrâneas (RIBEIRO JÚLIA e ROOKE JULIANA, 2010).

O cuidado com as águas subterrâneas envolve vários fatores, ou seja, a partir do descarte e encaminhamento do lixo até o tratamento de efluentes gerados, pois todos estes processos estão em contato com o solo, e interagindo com o meio ambiente.

Para que se possa ter a análise do gerenciamento de recursos de saneamento básico, deve-se obter o diagnóstico de problemas registrados em diferentes áreas de emissões de materiais possivelmente contaminadores do meio ambiente.

Quadro 7 - Diagnósticos de problemas de Saneamento Básico.

| ÁREAS DO<br>SANEAMENTO                            | PROBLEMAS  |  |
|---|--|--|
| BÁSICO  | Zona Urbana  | Zona Rural   |
| Abastecimento de<br>água potável                  | <ul> <li>Pequena parte da população urbana tem fossa séptica e é direcionado para esgoto pluvial.</li> <li>Em casos pontuais não há tratamento do esgoto sanitário; Escoamento a céu aberto, dirigidos em direção ao rio em alguns locais;</li> <li>Não existe esgoto em todas as ruas.</li> </ul>   | • Melhorar as condições sanitárias de esgotos, em alguns locais, em pequena proporção.                               |
| Limpeza urbana e<br>manejo de resíduos<br>sólidos | <ul> <li>Lixo ao ar livre por parte de alguns munícipes.</li> <li>Resíduos em lugar inadequado em alguns bairros mais vulneráveis da cidade;</li> <li>Falta de conscientização da população.</li> <li>É feita por uma pequena parcela da população a separação dos sólidos e líquidos, e por outra grande parte a mistura dos mesmos.</li> </ul> | • Destino correto é realizado por grande parte da população;   |
| Drenagem urbana                                   | <ul> <li>Bocas de lobo entupidas e em conjunto com o esgoto sanitário;</li> <li>Falta de infraestrutura.</li> </ul>  |  |
| Desenvolvimento<br>institucional                  | <ul> <li>Falta integração dos segmentos sociais para colaborar com o poder público;</li> <li>Falta de Conscientização dos agentes envolvidos;</li> <li>Melhorar o abastecimento hídrico, rede hídricas e acompanhamentos dos mesmos.</li> </ul>  | • É importante na organização, planejar e implantar, ou seja, ter organização do local dentro das normas ambientais. |

Fonte: Plano de Saneamento Ambiental de Marau, 2015.

Perante os diagnósticos encontrados, verifica-se os riscos de contaminação os quais se apresentam na cidade de Marau, denotando-se que a base de infraestrutura e planejamento para o crescimento populacional fizeram falta. O desenvolvimento inadequado dos mesmos, possivelmente influenciam, na qualidade dos recursos hídricos subterrâneos.

#### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Local de estudo

Segundo o Plano de Saneamento Básico de Marau (2015), o município de Marau localiza-se na Região do Planalto Médio, possuindo uma população estimada em 44.858 pessoas segundo o IBGE 2021. Marau limita-se ao Norte com Passo Fundo e Mato Castelhano, ao Sul, com Vila Maria, Camargo e Soledade, ao Leste com Gentil e Santo Antônio do Palma, a Oeste com Nicolau Vergueiro, a Noroeste com Ernestina e a sudoeste, com Ibirapuitã. Está localizada a uma distância de 265 km da capital do Estado, como consta na figura 10.

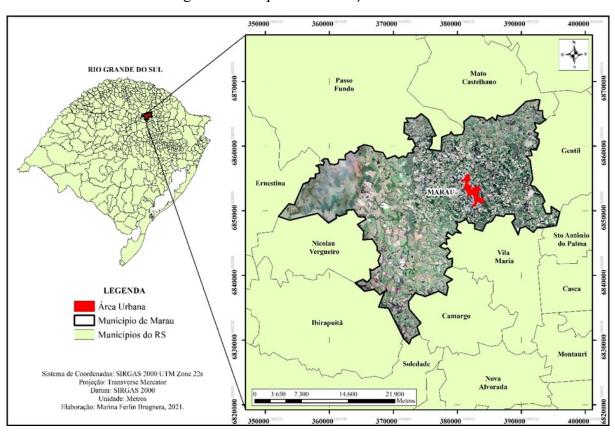


Figura 10 - Mapa de localização de Marau.

Fonte: Autora, 2021.

#### 3.2 Delineamento do trabalho

Para definir a metodologia do trabalho, levou-se em consideração que o foco do trabalho dar-se-á entorno da investigação da vulnerabilidade natural de poços de abastecimento, em que os dados que serão obtido do site SIAGAS. Desta forma, o trabalho seguirá o fluxograma abaixo, o qual indica os processos do trabalho, perante o uso do método GOD.

Para indicar o índice de vulnerabilidade, o método segue três etapas, segundo a figura 11:



Figura 11 - Fluxograma de desenvolvimento.

Fonte: Autora 2021.

#### 3.3 Obtenção de dados para aplicação no modelo GOD

O método GOD foi escolhido devido a sua praticidade objetividade de pesquisa, a qual visava investigas a vulnerabilidade natural dos poços distribuídos por Marau. Visto que, os métodos AVI, DRASTIC e POSH também são de grande valia para acompanhar a contaminação local. Um destes métodos utilizados juntos com o GOD dariam bons resultados sobre a interação do contaminante com o meio ambiente.

Os dados para realizar a aplicação do modelo GOD, foram retirados do Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS), bem como as suas localizações e característica naturais, obtidas em sua perfuração e estudo. Os poços os quais estavam registrados, tem seus dados atualizados referente ao ano de 2021.

#### 3.4 Aplicar o método GOD para a indicação de vulnerabilidade

O método GOD se caracteriza pela sua praticidade de pesquisa e aplicação em investigações de vulnerabilidades naturais, como demonstrado no item 2.5.3 item da revisão, calcula-se o índice de vulnerabilidade através da multiplicação dos três fatores: grau de

confinamento hidráulico da água subterrânea, ocorrência de substratos suprajacentes, profundidade do nível d'água subterrâneo,

A partir de cada parâmetro do método, foram construídos mapas utilizando o software *arcgis 10.3*, para melhor entendimento e a apresentação de cada fator. Os resultados de áreas vulneráveis, bem como a apresentação da classificação de valores atribuídos pelo modelo, encontram-se no **apêndice 1,** do presente trabalho.

# 3.5 Construção de um mapa de vulnerabilidade de águas subterrâneas a partir do método GOD

O mapa de vulnerabilidade foi realizado através da atribuição de valores de vulnerabilidade obtidos pelo método GOD para os poços de abastecimento. Posteriormente a formação do mesmo, utilizou o *software* SAS Planet, responsável por gerar a imagem georreferenciada do município e o *software* Global Mapper 20, para a obtenção das curvas de nível do terreno.

As shapes, consistem em um arquivo digital contendo as feições das características locais ou elemento gráfico aderido de suas referências espaciais, estas foram obtidas dos sites INDE, para os tipos de solos, hidrologia e hidrogeologia, do site do IBGE, para a shape dos limites municipais e do site SIAGAS para os pontos dos poços e os dados dos mesmos.

Estes dados foram importados para o *software arcgis* 10.3, o qual através de suas ferramentas, gerou um mapa informativo, permitindo analisar e visualizar dados, utilizado a projeção do Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas, SIRGAS 2000.

A interpolação realizou-se pelo uso da ferramenta de Ponderação do Inverso da Distância (IDW), a qual segundo Jakob Alberto; Eichman Augusto; Young Andrea (2006), implementa explicitamente o pressuposto de que as coisas mais próximas entre si são mais parecidas do que as mais distantes. Perante a isso, atribuiu-se um valor a um local que não tem devido a influência de um ponto a outro, no qual o valor vai diminuindo conforme a distância aumentada.

#### **4 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

### 4.1 Localização dos poços artesianos

Na figura 12, constam-se os poços situados na cidade de Marau, registrados pelo site SIAGAS (2021). Classificam-se 123 poços, os quais contém os dados suficientes para a inserção no modelo GOD, do total de 144 poços de abastecimento registrados. Dessa forma, os 21 poços os quais não continham dados de níveis freáticos, foram anulados.

As classificações dos poços perante as suas características encontram-se no apêndice 1.

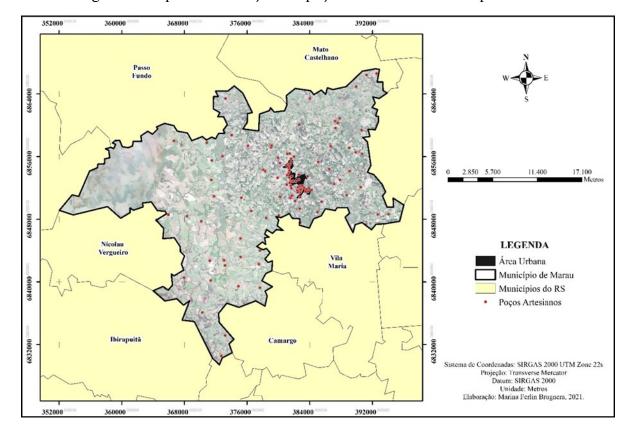


Figura 12 Mapa de localização dos poços artesianos do município de Marau.

Fonte: Autora, 2021.

#### 4.2 Grau de Confinamento da água subterrânea (G)

O grau de confinamento das águas subterrâneas, diz respeito ao grau de isolamento em que as camadas de água se encontram. Quanto mais profundo e rochoso for o seu entorno, maior o grau de confinamento.

O grau de confinamento (G) do município de Marau, apresentou-se em 3 classificações, tais como semiconfinado, confinado e não confinado (livre), segundo o método de Foster et al.

(2006), apresentando variações em seus graus de vulnerabilidades naturais a contaminação. Na figura 13 estão apresentados os resultados do índice G para o município de Marau-RS.

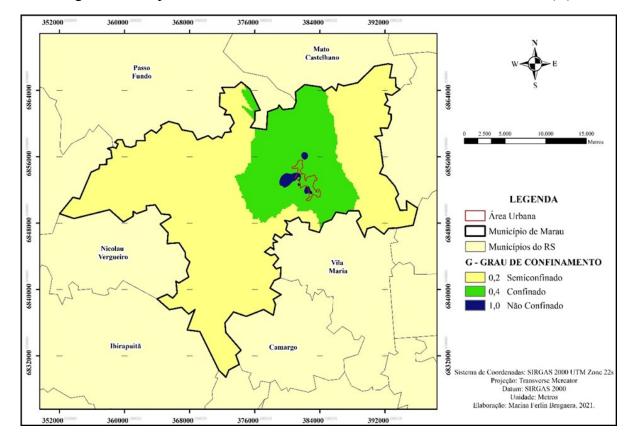


Figura 13 - Mapa do Grau de Confinamento Hidráulico da cidade de Marau (G).

Fonte: Autora, 2021.

Segundo a Agência Nacional de Águas, as definições sobre os graus de confinamento apresentados em Marau, conferem as seguintes definições:

**Poços Semi confinados/ Poços mistos:** Aqueles que se encontram no intermédio entre Não Confinados e Confinados. A camada confinante é semipermeável. Utiliza bombeamento para extração da água, devido a profundidade variar entre 20 a 50 metros.

Possuem características e comportamentos tais como: Vulnerabilidade natural mediana, dependente de fatores naturais locais; Se encontra limitado por camadas na base, no topo, ou em ambos; O fluxo preferencial da água se dá ao longo da camada aquífera à medida que haja uma diferença de pressão hidrostática (ABAS, 2021); Em seu percurso encontra uma camada semipermeável que dificulta a descida de líquidos até o aquífero (Paiva *et. al*, 2001). Águas em intermédio a "jovens" e "velhas".

Para Poços Semiconfinados, atribuiu-se o grau de confinamento 0,2, o mesmo compreende a maior parte de distribuição no município.

**Poços Confinados/Artesianos/Guarani:** São aqueles onde a pressão da água em seu topo é maior do que a pressão atmosférica e são limitados por camadas confinantes. Tem a possibilidade de ser jorrante ou não, sendo um poço tubular tendo a sua profundidade variando de 50 a 2000 metros.

Possuem características e comportamentos tais como: Menor vulnerabilidade natural; Recarga mais lenta; Águas mais "velhas"; Poços mais profundos e de maior custo e Poços artesianos (jorrantes ou não). Para Poços Confinados ou Artesianos, atribuiu-se o grau de confinamento 0,4, é a segunda classificação de poço mais distribuído no município.

**Poços Livres**/ **Não Confinados:** São aqueles cujo topo é demarcado pelo nível freático, onde a água subterrânea está sujeita à pressão atmosférica. Necessita de bomba, a profundidade chega a 20 metros.

Possuem características e comportamentos tais como: Maior vulnerabilidade natural; Normalmente são os mais utilizados; Níveis d'água mais rasos; Poços de captação mais rasos e muitos são escavados manualmente; Poços mais rasos e de menor custo e a comum a perfuração de poços próximo às áreas de descarga (aluvião dos rios). Para Poços Livres, Freáticos ou Não Confinados, atribuiu-se o grau de confinamento 1,0, é a classificação de poço, menos distribuído no município.

Perante o grau de confinamento dos poços, bem como a distribuição das atividades do município, contatou-se que em áreas onde a classificação de confinamento é livre perante os cadastros do SIAGAS, é onde mais ocorrem atividades antrópicas potencialmente poluidoras tais atividades como postos de gasolina, cemitério, indústrias e redes de esgoto; as áreas com semiconfinado, apresentam predominantemente atividades agrícolas e industriais e nas áreas confinadas atividades industriais, poços de gasolina, e poucas atividades agrícolas. A partir da média aritmética de resultados contabilizados, obteve-se 0,29 graus, aproximadamente 3 graus, caracterizando o índice de vulnerabilidade médio, para o parâmetro de Grau de Confinamento Hidráulico.

#### 4.3 Ocorrência de Substrato Suprajacente (O)

O mapa de ocorrência de substratos suprajacentes na cidade de Marau apresentou solos característicos como solos residuais, solos argilosos, solos areno-argilosos, formações ígneas metamórficas e formações vulcânicas antigas. No mapa a seguir através das suas classificações, denota-se que, quanto maior o grau classificado, mais compactos serão os estratos e quanto mais baixos forem, mais sedimentosos.

A variação de altura e perfis de estratos nos quais ocorrerá a percolação de água ou contaminante até encontrar o nível estático, apresenta variações ao longo da cidade, desta forma, avalia-se cada perfil individualmente, assim como consta-se no **apêndice 1**, resultando-se no mapa da figura 14.

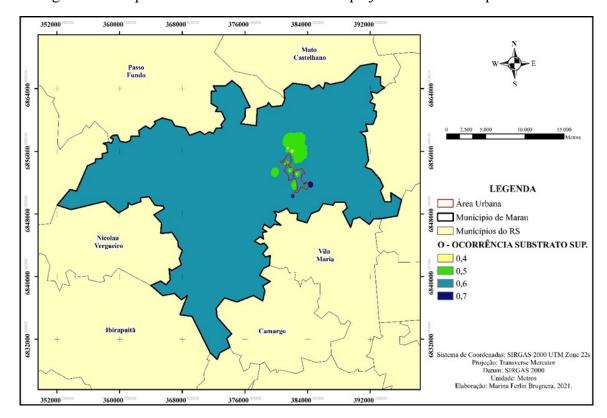


Figura 14 - Mapa de Ocorrência do Substrato Suprajacente do Município de Marau.

Fonte: Autora, 2021.

Solos residuais: Como pode denotar-se no mapa, esta classificação de grau 0,4 foi a de menor ocorrência, devido as variações de níveis estáticos muito próximos a superfície. Solos residuais são solos originados da desintegração da rocha característica local, sendo comuns no Brasil os de decomposição de basaltos e rochas cristalinas, apresentando características de permeabilidade intermediária (CNE concursos, 2017).

**Solos argilosos:** Para estas classificações que conferem o grau de 0,5, apresentaram-se a segunda classificação que mais consta na cidade, ela reside somente na parte leste, assim como a de solo residual e metamórfico antigo.

Os solos argilosos, possuem ligações mais fortes entre partículas, dificultando a passagem de líquido e tornando seu coeficiente de permeabilidade mais baixo (CHIOSSI, 2013).

Formações ígneas ou metamórficas: Para esta classificação que confere o grau de 0,6, encontravam-se característica basálticas e predominam a serra geral, em algumas ocasiões, este tipo de rocha, pode apresentar fissuras e falhas o que pode aumentar o grau de vulnerabilidade. As rochas como o basalto originam solos de textura argilosa e com altos teores de ferro, pois são ricas nesse elemento (LIMA VALMIQUI; LIMA MARCELO, 2007).

Segundo Spiller (2021), A porosidade encontrada nos basaltos é de fissura e a permeabilidade apresenta-se mais elevada nas estruturas horizontais de grande extensão, bem como nas faixas fraturas e juntas-falhas, enquanto nas estruturas verticais, geralmente de pequena extensão, apresentam permeabilidade inferiores às horizontais.

**Rochas vulcânicas**: Para esta classificação que confere o grau de 0,7, pois as mesmas encontravam-se em estados de intemperismo, o que facilita a contaminação, devido a modificação de suas estruturas que anteriormente apresentavam-se consolidadas.

A média aritmética dos índices de Ocorrência de Substratos Suprajacentes, resultou em 0,59, aproximadamente 0,60, o que confere o grau de alta vulnerabilidade para essas áreas.

# 4.4 Profundidade do Nível Freático (D)

Perante a profundidade dos níveis freáticos, é possível visualizar no mapa a seguir, as classificações entre 0,5 e 1,0, indicando consideráveis variações de alturas na cidade de Marau. Ao lado da graduação do nível, confere-se a variação de altura dos mesmos, atribuídas em metros, como consta-se na figura 15.

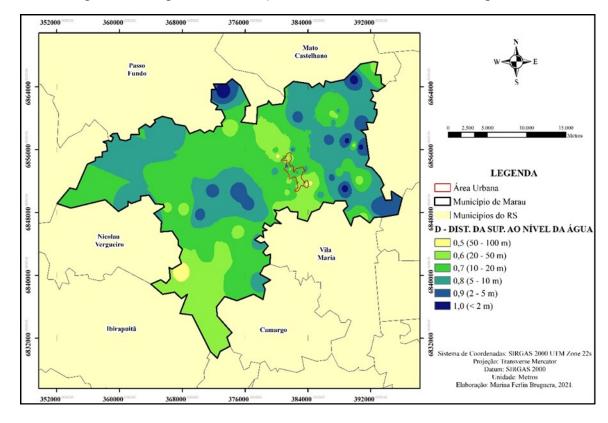


Figura 15 - Mapa das distribuições de níveis freáticos, no município de Marau.

Fonte: Aurora, 2021.

A altura em que o nível freático se encontra, tem grande influência perante a vulnerabilidade, pois quanto mais próximo da superfície, mais fácil é a contaminação do poço, o qual dependerá muito do tipo de aquífero para que não se contamine de formas graves.

No mapa a cima, identifica-se uma distribuição de classificações de 0,7 graus distribuídos na maior parte da cidade, o qual indica uma distância entre 10 a 20 metros. As classificações em pontos centrais de atividades da cidade, as quais contam com o centro urbano, industrias, cemitérios e poços de gasolina, apresentam uma variação de 0,7 graus a 1,0 graus.

A média aritmética perante as graduações dos Níveis Estáticos é de 0,70, classificandose como alta oportunidade de contaminação.

#### 4.5 Índice de Vulnerabilidade

A vulnerabilidade no presente trabalho de conclusão de curso, foi levantada com base no método GOD, portanto, no mapa que segue a baixo, contém a relação entre os 3 parâmetros (G x O x D), gerando distribuição que se consta na figura 16.

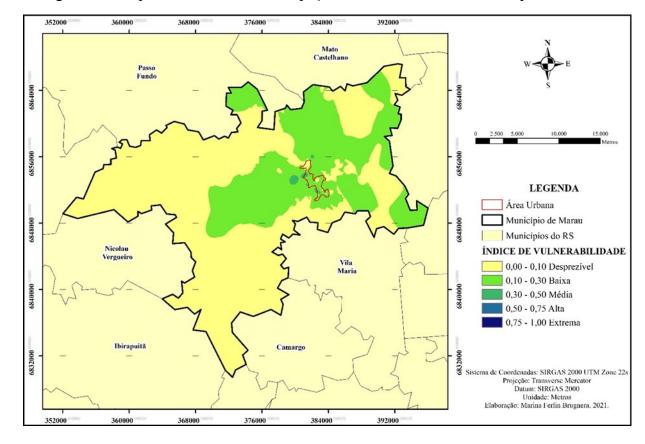


Figura 16 - Mapa de vulnerabilidade de poços de abastecimento no município de Marau.

Fonte: Autora, 2021.

Nota-se que os índices de vulnerabilidade estão irregularmente distribuídos pela cidade, apresentando intervalos de vulnerabilidades desprezíveis (0,00 - 0,10) localizados predominantemente ao sul e ao oeste, ressurgido próximos a vulnerabilidades baixas (0,10 - 0,30) e médias (0,30 - 0,50), as quais se situam na área urbana ou aproximados. Os poços de alta vulnerabilidade (0,50 - 0,75) são de difícil visibilidade, pois consiste-se em um ponto apenas na parte urbana da cidade, e os graus de extrema vulnerabilidade (0,75 - 1,00) não existem.

Os poços os quais apresentam as maiores vulnerabilidades, distribuíram-se entre 0,30 e 0,60 graus, ou seja, suas classificações ficaram entre média e alta, distribuídos em 11 poços, na área urbana e aproximados da mesma.

Apresentaram-se dados nos quais pode-se constar que Marau tem muitas variedades de perfís. Os graus resultantes dos parâmetros avaliados, resultam em valores tais como: Grau de Confinamento de Água Subterrânea (G) o valor de 0,30, Ocorrência Substrato Suprajacente (O) o valor de 0,60 e Nível Freático (D) o valor de 0,70. Esses valores resultam em um valor de 0,12 graus, classificando-se como baixa vulnerabilidade de contaminação para a área geral do município.

Para auxiliar numa melhor discussão da vulnerabilidade, na Figura 17 estão demonstradas as principais atividades potencialmente poluidoras da cidade de Marau-RS.

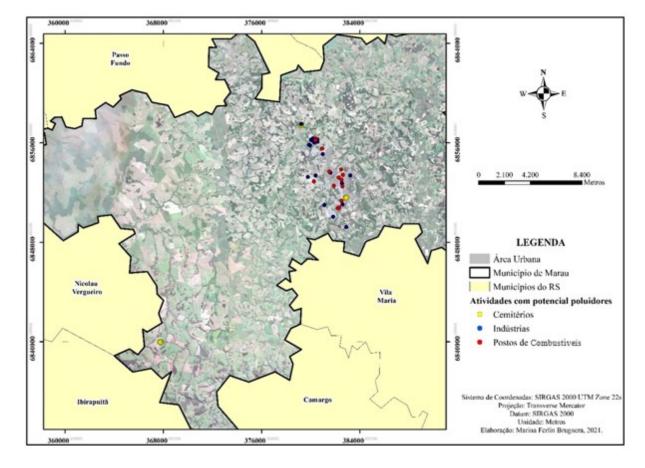


Figura 17 - Atividades potencialmente poluidoras.

Fonte: Autora, 2021.

### 4.5.1 Poços onde apresentam vulnerabilidade

Perante os pontos de maior vulnerabilidade, classificou-se 6 principais pontos, segundo as localizações cadastradas no SIAGAS, os mesmos residem nos seguintes locais citados no quadro 8:

Quadro 8 - Principais poços vulneráveis.

| Número do<br>ponto | Localização   | Nível<br>estático | Elevação<br>topográfica | Grau de<br>vulnerabilidade | Distância de<br>atividade<br>potencialmente<br>poluidora | Atividade<br>potencialmente<br>poluidora                 |
|--------------------|---|-------------------|-------------------------|----------------------------|--|--|
| 4300002110         | Vila nova<br>Esperança<br>Loteamento<br>Mutirão I   | 1,42<br>metros    | 648 metros              | 0,60 graus                 | 275 metros   | Posto de gasolina  |
| 4300025982         | Vila Planalto                                       | 16,27<br>metros   | 595 metros              | 0,42 graus                 | 449 metros   | Posto de gasolina  |
| 4300017158         | Avenida Presidente<br>Vargas 1570                   | 18<br>metros      | 534 metros              | 0,42 graus                 | 224 metros   | Cemitério<br>municipal de Marau                          |
| 4300027718         | Via Perimetral<br>Oeste, s/n -<br>Industrial SEBBEN | 8,07<br>metros    | 617 metros              | 0,40 graus                 | 123 metros   | Metalúrgica de pequeno porte;                            |
| 4300027717         | Propriedade Rural                                   | 4,55<br>metros    | 598 metros              | 0,36 graus                 | 5 metros   | Situando-se em alta proximidade de atividades agrícolas. |
| 4300009420         | Rua Vitório<br>Tessaro                              | 15,49<br>metros   | 547 metros              | 0,36 graus                 | 97 metros  | Cemitério<br>municipal de<br>Marau.                      |

Fonte: Autora, 2021.

Perante a localização de alguns dos poços, apesar dos mesmos não estarem inclusos como poços de alta vulnerabilidade, denota-se as suas proximidades com atividades potencialmente poluidoras, conforme apresentado na figura 17.

Quadro 9 - Principais poços expostos a atividades potencialmente poluidoras.

| Número do<br>ponto | Localização                        | Nível<br>estático | Elevação<br>topográfica | Grau de<br>vulnerabilidade | Distância de<br>atividade<br>potencialmente<br>poluidora | Atividade<br>potencialmente<br>poluidora                       |
|--------------------|------------------------------------|-------------------|-------------------------|----------------------------|--|--|
| 4300012468         | Hospital<br>Providencia<br>LTDA    | 34,94<br>metros   | 556 metros              | 0,07 graus                 | 59 metros  | Posto de gasolina  |
| 4300017156         | Posto das Baterias                 | 7,40<br>metros    | 580 metros              | 0,06 graus                 | 111,4 metros   | Posto de gasolina  |
| 4300002118         | Loteamento<br>Girardi              | 15,2<br>metros    | 585 metros              | 0,08 graus                 | 258,7 metros   | Posto de gasolina  |
| 4300002117         | Prox. Ponte sobre<br>Arr. Sesteada | 7,14<br>metros    | 528 metros              | 0,10 graus                 | 182 metros   | Indústria de corte e<br>pintura de couros,<br>médio porte      |
| 4300015091         | Propriedade Rural                  | 0<br>metros       | 716 metros              | 0,12 graus                 | 3 metros   | Situando-se em alta<br>proximidade de<br>atividades agrícolas. |

Fonte: Autora, 2021.

Perante os poços selecionados a cima, gerou-se o mapa 18, no qual apresentam-se os poços vulneráveis, bem como próximos a eles, atividades potencialmente poluidoras.

No mesmo, os pontos identificados com a coloração laranja indicam que através do método GOD esses pontos apresentam vulnerabilidades naturalmente altas, e os poços identificados com a coração verde, sãos os quais não estão identificados pelo método GOD como pontos vulneráveis, porém possuem os níveis estáticos muito próximos da superfície, e de atividades potencialmente poluidoras.

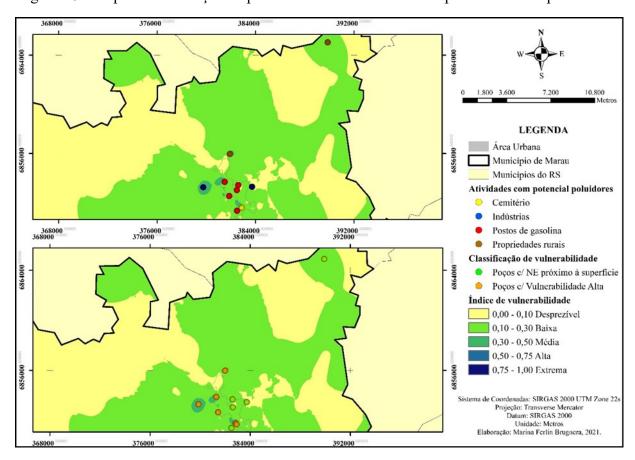


Figura 18 - Mapa de localização de pontos vulneráveis e atividade potencialmente poluidoras.

Fonte: Autora, 2021.

Denota-se que o método GOD, indica as vulnerabilidades naturais situadas nos poços, o que acabam sendo analisados de forma prática e objetiva. Indicando os locais de vulnerabilidade, pode se tomar medidas solucionadoras e preventivas.

No mapa estão situadas as atividades potencialmente poluidoras próximas dos pontos de poços, destacados em pontos verdes. Perante as atividades realizadas não serem parâmetros considerados pelo método GOD, mesmo denotando-se que os mesmos tem chances de contaminações devido aos níveis estáticos contam com uma média de distância vertical de 12,93 m, distância entre atividades poluidoras com menos de meio quilometro de distância, e o tempo

em que essas atividades estão sendo realizadas ali, foram fatores levados em conta para a atribuição dos mesmos como vulneráveis, visto que essas características realmente contribuem para a contaminação, não sendo somente pelo tipo de substratos e o tipo de confinamento, levados em conta pelo método.

#### 4.5.2 Características dos pontos considerados de maior vulnerabilidade

Os pontos mais críticos apresentados na investigação de vulnerabilidade no município de Marau pelo método GOD são:

430009420 - Este poço, situa-se a 97 metros de proximidade do Cemitério municipal de Marau, possuindo NE de 15,49 e graduação de 0,36 de vulnerabilidade através do método GOD, e perante a localização do cemitério encontrar-se na faixa de classificação de intermédio de alta a extrema, como consta-se na figura 18, indica esse ponto como o mais vulnerável da cidade, visto que a área superficial ocupada, está em torno de 25 mil m², tendo-se como base de uso os 66 anos de emancipação do município, é uma atividade de longo prazo e com diferentes perfis de jazigos. A variação de altura do poço com a do cemitério, aponta que o cemitério está em 4 metros abaixo do nível do poço. O risco de contaminação desse poço, se dá pela percolação de necrochorume.

4300002110 - Este poço situa-se a 275 metros do posto de gasolina, possuindo NE de 1,42. Perante as características e vulnerabilidade natural, atribuídadas pelo método GOD, indica-se o a graduação de 0,60 para vulnerabilidade, e perante a localização de um posto de gasolina estar dentro da área indicada como vulnerabilidade média, representada na figura 18, indica-se este ponto como o segundo mais vulnerável. A variação de altura do poço com a do posto de gasolina, aponta que o posto está em 18 metros abaixo do nível do poço. O risco de contaminação desse poço, se dá pela percolação de gasolina.

4300027718 - Este poço situa-se a 123 metros de uma metalúrgica de pequeno porte, possuindo NE de 8,07 metros. Perante as características e vulnerabilidade natural, atribuídadas pelo método GOD, indica-se graduação de 0,40 para vulnerabilidade, e perante a localização da metalúrgica estar situada na faixa de média vulnerabilidade, representada na figura 18, indica-se este ponto como o terceiro mais vulnerável. A variação de altura do poço com a metalúrgica, aponta que a metalúrgica está em 5 metros acima do nível do poço. O risco de contaminação desse poço, se dá pela percolação de compostos metálicos.

#### 4.5.3 Observação perante aos dados obtidos do SIAGAS

Os pontos de poços levantados pelo SIAGAS apresentam dados importantes para a caracterização de vulnerabilidades. Em relação ao uso do método GOD, os parâmetros contidos no SIAGAS suprem os seus requerimentos. No entanto, constatou-se que há algumas falhas de obtenção de dados, as quais impedem a precisão total de classificações de vulnerabilidades.

As falhas, ocorrem em pontos de poços nos locais onde não há possibilidades de ocorrências dos mesmos, poços onde as características de grau de confinamento e de nível estático não se correspondem, assim como o ponto **4300015091**, a falta de dados de NE em 21 pontos de poços fazendo com que houvesse a anulação dos mesmos.

Perante classificação de vulnerabilidades ocorrer em grande área, denotaram-se algumas falhas de dados, o que não inviabilizou a pesquisa, devido à quantidade satisfatória de pontos.

# **CONCLUSÕES**

Verifica-se que o problema em gerenciar recursos hídricos subterrâneos, atribuídos ao processo de crescimento da município de Marau. Em seu histórico de crescimento o município iniciou-se, onde nos mapas está situada a área urbana. Devido a isso, neste local situam-se a maior quantidade de poços e atividade poluidoras.

Perante ao mapeamento de vulnerabilidade realizado, contatou-se que Marau possui todos os seus pontos de maiores vulnerabilidades naturais indicados no centro urbano e aproximados do mesmo, o que os classifica com maior ou menor risco de contaminação, perante as atividades realizadas, influenciando diretamente na classificação dos mesmos.

Apontou-se o ponto **4300009420** como o ponto principal mais vulnerável, devido a estar próximo com o cemitério, e apresentar vulnerabilidade natural de 0,36, o segundo ponto mais vulnerável classificado foi o **4300002110**, devido a estar próximo de um posto de gasolina, e apresentar vulnerabilidade natural de 0,60, o terceiro ponto mais vulnerável é o **4300027718**, devido a estar próximo de uma indústria metalúrgica, e apresentar vulnerabilidade de 0,40.

Devido e a falta de conhecimento das vulnerabilidades naturais locais, os poços de abastecimentos estão expostos a riscos de contaminação de atividades realizadas na superfície do solo a décadas. Nos dias atuais, verifica-se o surgimento de novas atividades em locais vulneráveis, denotando-se assim a falta de conscientização e conhecimento de vulnerabilidades de poços de abastecimentos e recursos hídricos no geral.

A fiscalização e o estudo desses locais vulneráveis é de suma importância, bem como a aplicações de possíveis soluções ou de atenuações se faz imprescindível, uma vez que os poços são utilizados principalmente para abastecimentos.

Deve-se conscientizar a população de suas atividades futuras pra que não haja mais atividade potencialmente poluidoras em locais vulnerais, bem como informar a qualidade da água que se está consumindo, evitando doenças.

# SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- → Perante ao método GOD não identificar as influências das atividades que ocorrem no entorno dos poços, indica-se o uso de outros métodos para que a investigação avalie todos os fatores envolvidos, incluindo o uso do solo e as atividades do entorno, como por exemplo o método POSH, possibilitando avaliar essas influências, além do tipo e características do solo e do lençol;
- → Buscar dados mais precisos dos poços, em prefeituras, empresas de poços artesianos e também realizar visitas a campo, visto que no SIAGAS, encontram-se algumas falhas em alguns dos dados observados.

# REFERÊNCIAS

- ABAS. Associação Brasileira das Águas Subterrâneas. **Águas subterrâneas:** o que são?. 2021. Disponível em: https://www.abas.org/aguas-subterraneas-o-que-sao/. Acesso em: 06 mar. 2021.
- AMBISCIENCE ENGENHARIA. Conheça os principais contaminantes do solo e os impactos que provocam na natureza. 2021. Disponível em: https://ambscience.com/contaminantes-do-solo/. Acesso em: 08 mar. 2021.
- ANA. Agencia Nacional de Águas. **Enquadramento:** Bases Legais. 2021. Disponível em: http://pnqa.ana.gov.br/enquadramento-bases-legais.aspx. Acesso em: 03 mar.2021.
- ANA. Agencia Nacional de Águas. **Rede Hidrometeorológica Nacional.** 2021. Disponível em: http://www.snirh.gov.br/hidroweb/mapa. Acesso em: 03 mar. 2021.
- BDIA. **Banco de Dados de Informações Ambientais:** um novo instrumento para organização e preservação. 2021. Disponível em: https://bdiaweb.ibge.gov.br/#/consulta/pedologia. Acesso em: 03 mar. 2021.
- BOS, S. M. Mapeamento da vulnerabilidade natural das águas subterrâneas do município de Sananduva RS. 2008. Dissertação (Mestrado em Área de concentração Infraestrutura e Meio Ambiente), Faculdade de Engenharia e Arquitetura, Universidade de Passo Fundo. Passo Fundo, 2008. Disponível em: http://tede.upf.br/jspui/bitstream/tede/225/1/2008SidianeBos.pdf. Acesso em: 05 mar. 2021.
- CERH. Conselho Estadual de Recursos Hídricos. **Câmara Técnica de Águas subterrâneas.** 2019. Disponível em: http://www.sigrh.sp.gov.br/public/uploads/documents//CRH/18691/12-1-publicacao-nitrato-2.pdf. Acesso em: 07 mar. 2021.
- COELHO, A. C. **Fatores determinantes de qualidade de vida física e mental em pacientes com doença pulmonar intersticial:** uma análise multifatorial. 2009. Dissertação (Mestrado em Ciências Médicas), Faculdade de Medicina, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009. Disponível em: http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/16359/000695147.pdf?seque nce=1. Acesso em: 4 set. 2009.
- FILHO, C. A. M. Notas sobre Background de Nitrato em Águas Subterrâneas. **EcoDebate.** Disponível em: https://www.ecodebate.com.br/2020/08/17/notas-sobre-background-denitrato-em-aguas-subterraneas/. Acesso em: 08 mar. 2021.
- FOSTER, S.; HIRATA, R.; GOMES, D.; D'ELIA, M.; PARIS, M. Proteção da Qualidade da Água Subterrânea: um guia para empresas de abastecimento de água, órgãos municipais e agências ambientais. Banco Mundial, Washington D.C., 2006.
- FOSTER, S.; HIRATA, R.; GOMES, D.; D'ELIA, M.; PARIS, M. Groundwater Quality **Protection:** a guide for water service companies, municipal authorities and environment agencies. Washington, D.C, The World Bank, 2002.

- FOSTER, S.; HIRATA, R. **Determinação de riscos de contaminação das águas subterrâneas:** um método baseado em dados existentes. São Paulo: Instituto Geológico, 1993. (Boletim n.10).
- FOSTER, S. S. D. A; HIRATA, R. C. A. **Riscos de poluição de águas subterrâneas:** uma proposta de avaliação regional, São Paulo: ABAS, 1988.
- HIRATA, R.; SUHOGUSOFF, A.; MARCELINNI, S. S.; VILLAR, P. C.; MARCELINNI, L. **Água subterrânea e sua importância.** 2019. Disponível em: http://igc.usp.br/igc\_downloads/Hirata%20et%20al%202019%20Agua%20subterranea%20e%20sua%20importancia.pdf. Acesso em: 02 mar. 2021.
- HAGER F. P. V.; D'ALMEIDA. M. L. Legislação Aplicada ás águas subterrâneas. In: XV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 16.,2008. **Anais** [...]. Brasília, Distrito Federal, Brasil: SHCES 1113 Bloco D apt<sup>o</sup> 107, 2008. p. 2-4.
- LOBO FERREIRA, J. P.; LEITÃO, T. E.; OLIVEIRA, M. M.; ROCHA, J. S.; BARBOSA, A. E. **Guia técnico:** Proteção das Origens Superficiais e Subterrâneas nos Sistemas de Abastecimento de Água. Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Instituto Regulador de Águas e Resíduos, 2009
- OLIVEIRA, D. C. **Modelos de avaliação da vulnerabilidade de aquíferos**. 2013. Monografia (Bacharel em Geologia), Curso de Graduação em Geologia, Universidade Federal da Bahia. Bahia, 2013. Disponível em: http://www.twiki.ufba.br/twiki/pub/IGeo/GeolMono20122/Monografia\_Daniel.pdf. Acesso em: 08 mar. 2021.
- PERFUGEL. **Como funcionam os poços artesianos**, 2019. Disponível em: https://www.perfugel.com.br/como-funcionam-os-pocos-artesianos/. Acesso em: 03 mar. 2021.
- PMSBM. Plano Municipal de Saneamento Básico de Marau RS. **Diagnostico Técnico Participativo e Mobilização Social.** 2019. Disponível em: http://www.pmmarau.com.br/images/downloads/saneamento/MARAU\_Produto%20K\_Volu me%201.pdf. Acesso em: 02 mar. 2021.
- RIBEIRO, J. W.; ROOKE, J. M. S. **Saneamento básico e sua relação com o meio ambiente e a saúde pública.** 2010. Disponível em: https://www.ufjf.br/analiseambiental/files/2009/11/TCC-SaneamentoeSa%C3%BAde.pdf. Acesso em: 06 mar. 2021.
- SANTOS, R. A.; CRUZ, M. J. M; NASCIMENTO, S. A. M. Avaliação da vulnerabilidade natural de aquíferos cársticos: subsídios para uma gestão dos recursos hídricos subterrâneos. **Caderno de Geociências,** n. 7, p. 54 -62, 2010.
- SIAGAS. Sistemas de Informações de Águas Subterrâneas. **Mapas.** 2021. Disponível em: http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/visualizar\_mapa.php. Acesso em: 02 mar. 2021.
- SILVEIRA T.; REGO, N. A. C.; SANTOS J. B. S.; ARAÚJO M. S. B. Qualidade da Água e Vulnerabilidade dos Recursos Hídricos Superficiais na Definição das Fragilidades Potencial e

Ambiental de Bacias Hidrográficas. 2014. **Revista Brasileira de Geografia Física**, 2014. Disponível em: https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/233338. Acesso em: 03 mar. 2021.

VELA, J. M. **Hidrografia:** Conceitos Gerais. Curso Enem gratuito. 2020. Disponível em: https://cursoenemgratuito.com.br/recursos-hidricos-enem/. Acesso em: 06 mar. 2021.

KARMANN, I. Ciclo da Água: Água Subterrânea e sua ação geológica. In: TEIXEIRA, W. et al. (Org.). Decifrando a Terra. USP: Oficina de Textos, 2000. cap. 7.

BEVILACQUA, R.H. Mapeamento da vulnerabilidade à contaminação das águas subterrâneas na área de afloramento do Sistema Aquífero Guarani na Sub-bacia do rio Jacaré-Guaçu, UGRHI 13 - Tietê-Jacaré, com a aplicação do método DRASTIC (Normal e Pesticidas). Trabalho de Conclusão de Curso. Instituto de Geociências. Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2015.

BRUNO, G. **Origem e formação do solo**. CNE concursos, 18 jan. 2020. Disponível em: https://www.cneconcursos.com.br/post/origem-eforma%C3%A7%C3%A3o-dos-solos.Acesso em: 05 mai. 2021.

CHIOSSI, N. J. Geologia de Engenharia. 3. ed. São Paulo: oficina de textos, 2013.

SPILLER, L. E. Estruturas armazenadoras e qualidade das águas subterrâneas do aquífero serra geral em São Paulo. 2005. Águas Subterrâneas, Disponível em: https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/23207. Acesso em: 05 mai. 2021.

LIMA V. C.; LIMA, M. R; MELO, V. F. O solo no meio ambiente: abordagem para professores do ensino fundamental e médio e alunos do ensino médio. Universidade Federal do Paraná. Departamento de Solos e Engenharia Agrícola. Curitiba. Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, 2007.

CPRM - COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. **Sistema de Informação de águas subterrâneas – SIAGAS. 2021.** Disponível em: http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/. Acesso em: 10 de maio de 2021.

WEATHER SPARK. **Características climáticas. 2021.** Disponível em: https://pt.weatherspark.com/y/29620/Clima-caracter%C3%ADstico-em-Marau-Brasil-durante-o-ano. Acesso em: 15 mai. 2021.

PLANO MUNCIPAL DE EDUCAÇÃO DE MARAU – RS. 2015. Disponível em: http://www.ufrgs.br/monitoramentopne/planos-municipais-de-educacao-rs/m/marau. Acesso em: 08 mai. 2021.

INDE – INFRAESTRUTURA NACIONAL DE DADOS ESPACIAIS. **Catálogo de geoserviços.** Disponível em: https://inde.gov.br/CatalogoGeoservicos. Acesso em: 08 mai. 2021.

HÉLIO DO PRADO. **Solos semelhantes, características diferenciais e aspectos de manejo**. Pedologia fácil, 2019. Disponível em:https://www.pedologiafacil.com.br/curiosidade.php. Acesso: 08 mai. 2021.

KAREN DEGLI EXPOSTI. **Plano meridional**. Infoescola. 2014. Disponível em: https://www.infoescola.com/geografia/planalto-meridional/. Acesso: 08 mai. 2021.

MÁRCIA TEREZA PANTOJA GASPAR. **Coordenação de Águas Subterrâneas**, 2019. 67 slides. Disponível em: https://progestao.ana.gov.br/destaque-superior/eventos/oficinas-de-intercambio-1/aguas-subterraneas-1/oficina-aguas-subterraneas-vitoria-es-2019/oficina-progestao-es-palestra-3-ana-cosub-hidrogeologia-geral.pdf. Acesso: 08 mai. 2021.

PAIVA, J. B. D. e PAIVA, E. M. D. C. (org.). Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas. Porto Alegre: ABRH, 2001.

MMA – MISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. 2018. Ciclo Hidrológico: **Águas Subterrâneas e o Ciclo Hidrológico.**Disponível

em

https://antigo.mma.gov.br/component/k2/item/420.html?Itemid=481. Acesso em 3 jun. 2021.

ABAS – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. **Águas subterrâneas, o que são?.** Disponível em: https://www.abas.org/aguas-subterraneas-o-que-sao/#:~:text=O%20aq%C3%BC%C3%ADfero%20semi%2Dconfinado%20que,ao%20longo%2 0da%20camada%20aq%C3%BC%C3%ADfera. Acesso em 3 jun. 2021.

Sousa, Natália Assunção. **Vulnerabilidade à poluição das águas subterrâneas - um estudo do Aqüífero Bauru na zona urbana de Araguari - MG. 2009**. Dissertação (Mestre em Engenharia Civil) —Universidade Federal em Uberlândia.Uberlândia,2009.Disponível.em: file:///C:/Users/Pc/Desktop/VulnerabilidadePoluicaoAguas.pdf . Acesso em: 09 mai. 2021.

GUIGUER N.; KOHNKE M. W. **Métodos para determinação da vulnerabilidade de aquíferos**. In: XII CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 13.,2002. **Anais** [...]. Waterloo Hydrogeologic, Inc. 101-460 Phillip Street – Waterloo, ON – Canada N2T 2L5 tel. (519) 746 1798 f. p. 5-9.

Amaral A. K. N.; Bayer. Maximiliano. VULNERABILIDADE DOS AQUÍFEROS DA SUB-BACIA DO RIO VERMELHO: APLICAÇÃO DO MÉTODO GOD. *In:* XVII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO SBSR. 8., 2015, JOÃO PESSOA-PB, BRASIL. **Anais** [...]. JOÃO PESSOA: Universidade Federal de Goiás – UFG, 2015.p. 7404.

LIMA.R. DIEGO. Avaliação do risco de contaminação das águas subterrâneas do sistema aquífero Serra Geral no município de Bento Gonçalves. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul. Porto Alegre, 2014. Disponível em: https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/149575/001006685.pdf?sequence=1. Acesso em: 10 mai. 2021.

Jakob. A. E.; Young A.F. O USO DE MÉTODOS DE INTERPOLAÇÃO ESPACIAL DE DADOS NAS ANÁLISES SOCIODEMOGRÁFICAS. In: XV Encontro Nacional de Estudos Populacionais, ABEP, realizado em Caxambu – MG – Brasil. **Anais [...].** CAXAMBU: UNICAMP, 2006.p 8.

# **APÊNDICE**

| ID Ponto   | Número do<br>Poço | Natureza Poço | Vazão<br>(m³/h) | Ne<br>(m) | G    | 0    | D    | Vulnerabilidade |
|------------|-------------------|---------------|-----------------|-----------|------|------|------|-----------------|
| 4300002110 | 1                 | Poço Tubular  | 10              | 1,42      | 1,00 | 0,60 | 1,00 | 0,60            |
| 4300015091 | 2                 | Poço Tubular  | 16.1            | 0,00      | 1,00 | 0,60 | 1,00 | 0,60            |
| 4300009422 | 3                 | Poço Tubular  | 8.25            | 12,22     | 1,00 | 0,60 | 0,70 | 0,42            |
| 4300002106 | 4                 | Poço Tubular  | 5               | 16,27     | 1,00 | 0,60 | 0,70 | 0,42            |
| 4300025982 | 5                 | Poço Tubular  | 5               | 16,27     | 1,00 | 0,60 | 0,70 | 0,42            |
| 4300017158 | 6                 | Poço Tubular  | 7               | 18,00     | 1,00 | 0,60 | 0,70 | 0,42            |
| 4300027718 | 7                 | Poço Tubular  | 10.3            | 8,76      | 1,00 | 0,50 | 0,80 | 0,40            |
| 4300027717 | 8                 | Poço Tubular  | 16.236          | 4,55      | 1,00 | 0,40 | 0,90 | 0,36            |
| 4300009420 | 9                 | Poço Tubular  | 7.3             | 15,49     | 1,00 | 0,60 | 0,60 | 0,36            |
| 4300002108 | 10                | Poço Tubular  | 20              | 28,00     | 1,00 | 0,60 | 0,60 | 0,36            |
| 4300017309 | 11                | Poço Tubular  | 8               | 13,47     | 1,00 | 0,45 | 0,70 | 0,32            |
| 4300002107 | 12                | Poço Tubular  | 9               | 78,23     | 1,00 | 0,60 | 0,50 | 0,30            |
| 4300017310 | 13                | Poço Tubular  | 4.44            | 18,23     | 1,00 | 0,40 | 0,70 | 0,28            |
| 4300009421 | 14                | Poço Tubular  | 4.3             | 21,35     | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 0,22            |
| 4300017161 | 15                | Poço Tubular  | 9.263           | 23,00     | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 0,22            |
| 4300009391 | 16                | Poço Tubular  | 6.8             | 20,75     | 0,60 | 0,40 | 0,60 | 0,14            |
| 4300017160 | 17                | Poço Tubular  | 5.14            | 21,35     | 0,60 | 0,40 | 0,60 | 0,14            |
| 4300015093 | 18                | Poço Tubular  | 5.2             | 0,30      | 0,20 | 0,60 | 1,00 | 0,12            |
| 4300015067 | 19                | Poço Tubular  | 9.4             | 1,30      | 0,20 | 0,60 | 1,00 | 0,12            |
| 4300015079 | 20                | Poço Tubular  | 6.8             | 1,68      | 0,20 | 0,60 | 1,00 | 0,12            |
| 4300015080 | 21                | Poço Tubular  |                 | 1,90      | 0,20 | 0,60 | 1,00 | 0,12            |
| 4300015069 | 22                | Poço Tubular  | 5.199           | 2,10      | 0,20 | 0,60 | 0,90 | 0,11            |
| 4300015076 | 23                | Poço Tubular  | 7.9             | 2,20      | 0,20 | 0,60 | 0,90 | 0,11            |
| 4300015070 | 24                | Poço Tubular  | 5.8             | 2,20      | 0,20 | 0,60 | 0,90 | 0,11            |
| 4300015047 | 25                | Poço Tubular  | 2.589           | 2,41      | 0,20 | 0,60 | 0,90 | 0,11            |
| 4300015083 | 26                | Poço Tubular  | 15.5            | 2,50      | 0,20 | 0,60 | 0,90 | 0,11            |
| 4300017718 | 27                | Poço Tubular  | 33              | 2,68      | 0,20 | 0,60 | 0,90 | 0,11            |
| 4300015089 | 28                | Poço Tubular  | 34.4            | 2,75      | 0,20 | 0,60 | 0,90 | 0,11            |
| 4300015045 | 29                | Poço Tubular  | 33              | 3,10      | 0,20 | 0,60 | 0,90 | 0,11            |
| 4300015066 | 30                | Poço Tubular  | 6               | 3,80      | 0,20 | 0,60 | 0,90 | 0,11            |
| 4300015081 | 31                | Poço Tubular  | 13.399          | 4,35      | 0,20 | 0,60 | 0,90 | 0,11            |
| 4300015051 | 32                | Poço Tubular  | 4.6             | 4,70      | 0,20 | 0,60 | 0,90 | 0,11            |
| 4300002113 | 33                | Poço Tubular  | 16.51           | 10,35     | 0,20 | 0,70 | 0,70 | 0,10            |
| 4300002116 | 34                | Poço Tubular  | 16.74           | 11,59     | 0,20 | 0,70 | 0,70 | 0,10            |
| 4300002120 | 35                | Poço Tubular  | 7.92            | 15,41     | 0,20 | 0,70 | 0,70 | 0,10            |
| 4300015085 | 36                | Poço Tubular  | 5.2             | 5,20      | 0,20 | 0,60 | 0,80 | 0,10            |
| 4300015063 | 37                | Poço Tubular  | 5               | 5,20      | 0,20 | 0,60 | 0,80 | 0,10            |
| 4300015871 | 38                | Poço Tubular  | 13.8            | 5,28      | 0,20 | 0,60 | 0,80 | 0,10            |
| 4300023274 | 39                | Poço Tubular  | 13.8            | 5,28      | 0,20 | 0,60 | 0,80 | 0,10            |
| 4300023856 | 40                | Poço Tubular  | 13.8            | 5,28      | 0,20 | 0,60 | 0,80 | 0,10            |

| _          |    | 1            | I      | 1     | T    | ı    | T    | T    |
|------------|----|--------------|--------|-------|------|------|------|------|
| 4300015082 | 41 | Poço Tubular | 17.6   | 6,00  | 0,20 | 0,60 | 0,80 | 0,10 |
| 4300015060 | 42 | Poço Tubular | 5      | 6,10  | 0,20 | 0,60 | 0,80 | 0,10 |
| 4300015072 | 43 | Poço Tubular | 7.4    | 6,50  | 0,20 | 0,60 | 0,80 | 0,10 |
| 4300015074 | 44 | Poço Tubular | 29.299 | 6,52  | 0,20 | 0,60 | 0,80 | 0,10 |
| 4300002117 | 45 | Poço Tubular | 27.69  | 7,14  | 0,20 | 0,60 | 0,80 | 0,10 |
| 4300015065 | 46 | Poço Tubular | 8      | 7,60  | 0,20 | 0,60 | 0,80 | 0,10 |
| 4300015043 | 47 | Poço Tubular | 6      | 8,90  | 0,20 | 0,60 | 0,80 | 0,10 |
| 4300015087 | 48 | Poço Tubular | 19.29  | 9,65  | 0,20 | 0,60 | 0,80 | 0,10 |
| 4300023555 | 49 | Poço Tubular | 19.32  | 9,65  | 0,20 | 0,60 | 0,80 | 0,10 |
| 4300015046 | 50 | Poço Tubular | 7.2    | 11,30 | 0,20 | 0,60 | 0,70 | 0,08 |
| 4300002114 | 51 | Poço Tubular | 8      | 11,99 | 0,20 | 0,60 | 0,70 | 0,08 |
| 4300017716 | 52 | Poço Tubular | 12     | 12,00 | 0,20 | 0,60 | 0,70 | 0,08 |
| 4300015061 | 53 | Poço Tubular | 1.8    | 12,60 | 0,20 | 0,60 | 0,70 | 0,08 |
| 4300009426 | 54 | Poço Tubular | 5.6    | 12,87 | 0,20 | 0,60 | 0,70 | 0,08 |
| 4300009429 | 55 | Poço Tubular | 6.07   | 13,12 | 0,20 | 0,60 | 0,70 | 0,08 |
| 4300009416 | 56 | Poço Tubular | 6.06   | 13,12 | 0,20 | 0,60 | 0,70 | 0,08 |
| 4300015062 | 57 | Poço Tubular | 5      | 13,50 | 0,20 | 0,60 | 0,70 | 0,08 |
| 4300015042 | 58 | Poço Tubular | 5      | 14,70 | 0,20 | 0,60 | 0,70 | 0,08 |
| 4300015040 | 59 | Poço Tubular | 6      | 14,90 | 0,20 | 0,60 | 0,70 | 0,08 |
| 4300017712 | 60 | Poço Tubular | 6      | 15,00 | 0,20 | 0,60 | 0,70 | 0,08 |
| 4300002118 | 61 | Poço Tubular | 12     | 15,12 | 0,20 | 0,60 | 0,70 | 0,08 |
| 4300015053 | 62 | Poço Tubular | 12.1   | 15,70 | 0,20 | 0,60 | 0,70 | 0,08 |
| 4300023331 | 63 | Poço Tubular | 5      | 16,27 | 0,20 | 0,60 | 0,70 | 0,08 |
| 4300002124 | 64 | Poço Tubular | 60.92  | 16,65 | 0,20 | 0,60 | 0,70 | 0,08 |
| 4300015041 | 65 | Poço Tubular | 2      | 16,80 | 0,20 | 0,60 | 0,70 | 0,08 |
| 4300015090 | 66 | Poço Tubular | 6.2    | 16,90 | 0,20 | 0,60 | 0,70 | 0,08 |
| 4300026301 | 67 | Poço Tubular | 9.23   | 16,93 | 0,20 | 0,60 | 0,70 | 0,08 |
| 4300002187 | 68 | Poço Tubular | 6      | 17,00 | 0,20 | 0,60 | 0,70 | 0,08 |
| 4300015077 | 69 | Poço Tubular | 31.6   | 17,38 | 0,20 | 0,60 | 0,70 | 0,08 |
| 4300015039 | 70 | Poço Tubular | 9.89   | 17,65 | 0,20 | 0,60 | 0,70 | 0,08 |
| 4300002115 | 71 | Poço Tubular | 32.29  | 17,78 | 0,20 | 0,60 | 0,70 | 0,08 |
| 4300015048 | 72 | Poço Tubular | 23.71  | 19,37 | 0,20 | 0,60 | 0,70 | 0,08 |
| 4300015075 | 73 | Poço Tubular | 5.1    | 19,60 | 0,20 | 0,60 | 0,70 | 0,08 |
| 4300015044 | 74 | Poço Tubular | 10     | 19,60 | 0,20 | 0,60 | 0,70 | 0,08 |
| 4300015059 | 75 | Poço Tubular | 4.2    | 19,70 | 0,20 | 0,60 | 0,70 | 0,08 |
| 4300026302 | 76 | Poço Tubular | 25.45  | 19,95 | 0,20 | 0,60 | 0,70 | 0,08 |
| 4300015049 | 77 | Poço Tubular | 6.236  | 35,10 | 0,20 | 0,65 | 0,60 | 0,08 |
| 4300009412 | 78 | Poço Tubular | 6.45   | 20,00 | 0,20 | 0,60 | 0,60 | 0,07 |
| 4300015097 | 79 | Poço Tubular | 9.8    | 20,80 | 0,20 | 0,60 | 0,60 | 0,07 |
| 4300009411 | 80 | Poço Tubular | 4.8    | 21,00 | 0,20 | 0,60 | 0,60 | 0,07 |
| 4300015068 | 81 | Poço Tubular | 2.5    | 21,50 | 0,20 | 0,60 | 0,60 | 0,07 |
| 4300015096 | 82 | Poço Tubular | 3.8    | 21,90 | 0,20 | 0,60 | 0,60 | 0,07 |
| 4300015086 | 83 | Poço Tubular | 10     | 22,20 | 0,20 | 0,60 | 0,60 | 0,07 |
| 4300002121 | 84 | Poço Tubular | 18     | 22,53 | 0,20 | 0,60 | 0,60 | 0,07 |
| 4300015056 | 85 | Poço Tubular | 5      | 22,80 | 0,20 | 0,60 | 0,60 | 0,07 |

| 4300016794   86  |            |     |              |        |       |      |      |      |      |
|--|------------|-----|--------------|--------|-------|------|------|------|------|
| 4300017714   88   Poço Tubular   5   24,00   0,20   0,60   0,60   0,07   | 4300016794 | 86  | Poço Tubular | 8.2    | 22,90 | 0,20 | 0,60 | 0,60 | 0,07 |
| 4300015071   89   Poço Tubular   10   25,00   0,20   0,60   0,60   0,07     4300015078   90   Poço Tubular   4.7   25,50   0,20   0,60   0,60   0,07     4300009417   91   Poço Tubular   1.531   25,87   0,20   0,60   0,60   0,07     4300002122   92   Poço Tubular   4   26,10   0,20   0,60   0,60   0,07     4300015050   93   Poço Tubular   4   26,10   0,20   0,60   0,60   0,07     4300015084   94   Poço Tubular   3.2   26,90   0,20   0,60   0,60   0,07     4300015085   96   Poço Tubular   30,399   27,46   0,20   0,60   0,60   0,07     4300015071   97   Poço Tubular   1.8   27,60   0,20   0,60   0,60   0,07     4300015088   98   Poço Tubular   1.8   27,60   0,20   0,60   0,60   0,07     4300015073   99   Poço Tubular   5   28,90   0,20   0,60   0,60   0,07     4300015073   99   Poço Tubular   5   30,00   0,20   0,60   0,60   0,07     4300015073   101   Poço Tubular   5   30,00   0,20   0,60   0,60   0,07     4300015073   102   Poço Tubular   5   33,30   0,20   0,60   0,60   0,07     4300015075   102   Poço Tubular   5   30,00   0,20   0,60   0,60   0,07     4300015076   102   Poço Tubular   5   30,00   0,20   0,60   0,60   0,07     4300015078   103   Poço Tubular   4.7   32,60   0,20   0,60   0,60   0,07     4300015088   103   Poço Tubular   4.7   34,50   0,20   0,60   0,60   0,07     4300012468   105   Poço Tubular   1.16   38,92   0,20   0,60   0,60   0,07     4300021471   107   Poço Tubular   1.16   38,92   0,20   0,60   0,60   0,07     430002143   106   Poço Tubular   1.16   38,93   0,20   0,60   0,60   0,07     4300015052   110   Poço Tubular   5   40,00   0,20   0,60   0,60   0,07     4300015054   111   Poço Tubular   18   49,00   0,20   0,60   0,60   0,07     4300015054   115   Poço Tubular   18   49,00   0,20   0,60   0,60   0,07     4300015054   115   Poço Tubular   18   49,00   0,20   0,60   0,60   0,00     4300015054   115   Poço Tubular   18   49,00   0,20   0,60   0,60   0,00     4300015054   117   Poço Tubular   18   49,00   0,20   0,60   0,60   0,00     4300015095   120   Poço Tubular   18   49,00 | 4300015654 | 87  | Poço Tubular | 24     | 24,00 | 0,20 | 0,60 | 0,60 | 0,07 |
| 4300015078   90   Poço Tubular   4.7   25,50   0,20   0,60   0,60   0,07     4300009417   91   Poço Tubular   1.531   25,87   0,20   0,60   0,60   0,07     4300002122   92   Poço Tubular   9.43   25,94   0,20   0,60   0,60   0,07     4300015050   93   Poço Tubular   4   26,10   0,20   0,60   0,60   0,07     4300015084   94   Poço Tubular   3.2   26,90   0,20   0,60   0,60   0,07     4300015055   96   Poço Tubular   30.399   27,46   0,20   0,60   0,60   0,07     4300015055   96   Poço Tubular   1.8   27,60   0,20   0,60   0,60   0,07     4300015071   97   Poço Tubular   1.8   27,60   0,20   0,60   0,60   0,07     4300015073   99   Poço Tubular   5   28,90   0,20   0,60   0,60   0,07     4300015073   99   Poço Tubular   5   30,00   0,20   0,60   0,60   0,07     4300015073   102   Poço Tubular   5.5   32,30   0,20   0,60   0,60   0,07     4300015075   102   Poço Tubular   4.7   32,60   0,20   0,60   0,60   0,07     4300015075   102   Poço Tubular   4.7   32,60   0,20   0,60   0,60   0,07     4300015075   102   Poço Tubular   4.7   32,60   0,20   0,60   0,60   0,07     4300015075   103   Poço Tubular   4.7   34,50   0,20   0,60   0,60   0,07     4300015076   103   Poço Tubular   1.8   24,9   34,94   0,20   0,60   0,60   0,07     4300015078   103   Poço Tubular   1.16   38,92   0,20   0,60   0,60   0,07     4300021471   107   Poço Tubular   1.16   38,92   0,20   0,60   0,60   0,07     4300021471   107   Poço Tubular   5.58   39,63   0,20   0,60   0,60   0,07     4300015052   110   Poço Tubular   5.58   39,63   0,20   0,60   0,60   0,07     4300015054   111   Poço Tubular   1.8   49,00   0,20   0,60   0,60   0,07     4300015054   111   Poço Tubular   1.8   49,00   0,20   0,60   0,60   0,07     4300015055   110   Poço Tubular   1.8   49,00   0,20   0,60   0,60   0,07     4300015054   111   Poço Tubular   1.8   49,00   0,20   0,60   0,60   0,07     4300015054   111   Poço Tubular   1.8   49,00   0,20   0,60   0,60   0,00     4300015095   120   Poço Tubular   1.8   49,00   0,20   0,60   0,60   0,00     4300015096   12 | 4300017714 | 88  | Poço Tubular | 5      | 24,00 | 0,20 | 0,60 | 0,60 | 0,07 |
| 430009417   91   | 4300017717 | 89  | Poço Tubular | 10     | 25,00 | 0,20 | 0,60 | 0,60 | 0,07 |
| 430002122   92   | 4300015078 | 90  | Poço Tubular | 4.7    | 25,50 | 0,20 | 0,60 | 0,60 | 0,07 |
| 4300015050   93   Poço Tubular   4   26,10   0,20   0,60   0,60   0,07     4300015084   94   Poço Tubular   3.2   26,90   0,20   0,60   0,60   0,07     4300015055   96   Poço Tubular   30.399   27,46   0,20   0,60   0,60   0,07     4300015071   97   Poço Tubular   1.8   27,60   0,20   0,60   0,60   0,07     4300015088   98   Poço Tubular   4.6   28,20   0,20   0,60   0,60   0,07     4300015073   99   Poço Tubular   5   28,90   0,20   0,60   0,60   0,07     4300015073   99   Poço Tubular   5   30,00   0,20   0,60   0,60   0,07     4300015073   100   Poço Tubular   5   30,00   0,20   0,60   0,60   0,07     4300015073   101   Poço Tubular   5   30,00   0,20   0,60   0,60   0,07     4300015073   102   Poço Tubular   5   32,30   0,20   0,60   0,60   0,07     4300015075   102   Poço Tubular   4.7   32,60   0,20   0,60   0,60   0,07     4300015057   102   Poço Tubular   4.7   32,60   0,20   0,60   0,60   0,07     4300015058   103   Poço Tubular   4.74   34,50   0,20   0,60   0,60   0,07     4300012468   105   Poço Tubular   1.0   36,00   0,20   0,60   0,60   0,07     4300021471   107   Poço Tubular   1.16   38,92   0,20   0,60   0,60   0,07     430001715   109   Poço Tubular   5.58   39,63   0,20   0,60   0,60   0,07     4300015052   110   Poço Tubular   5   40,00   0,20   0,60   0,60   0,07     4300015064   111   Poço Tubular   5.099   45,56   0,20   0,60   0,60   0,07     4300017056   115   Poço Tubular   18   49,00   0,20   0,60   0,60   0,07     4300017056   115   Poço Tubular   18   49,00   0,20   0,60   0,60   0,07     4300017050   113   Poço Tubular   18   49,00   0,20   0,60   0,60   0,07     4300017050   116   Poço Tubular   18   49,00   0,20   0,60   0,60   0,07     4300015098   118   Poço Tubular   18   49,00   0,20   0,60   0,60   0,00     4300015098   118   Poço Tubular   10.58   57,55   0,20   0,60   0,50   0,06     4300015098   118   Poço Tubular   12.77   60,08   0,20   0,60   0,50   0,06     4300015094   122   Poço Tubular   2.5   77,90   0,20   0,60   0,50   0,06     4300015098   122   Poço Tubular | 4300009417 | 91  | Poço Tubular | 1.531  | 25,87 | 0,20 | 0,60 | 0,60 | 0,07 |
| 4300015084   94  | 4300002122 | 92  | Poço Tubular | 9.43   | 25,94 | 0,20 | 0,60 | 0,60 | 0,07 |
| 430002119   95   | 4300015050 | 93  | Poço Tubular | 4      | 26,10 | 0,20 | 0,60 | 0,60 | 0,07 |
| 4300015055   96  | 4300015084 | 94  | Poço Tubular | 3.2    | 26,90 | 0,20 | 0,60 | 0,60 | 0,07 |
| 4300015071         97         Poço Tubular         1.8         27,60         0,20         0,60         0,60         0,07           4300015088         98         Poço Tubular         4.6         28,20         0,20         0,60         0,60         0,07           4300015073         99         Poço Tubular         5         28,90         0,20         0,60         0,60         0,07           4300015092         101         Poço Tubular         5.5         32,30         0,20         0,60         0,60         0,07           4300015057         102         Poço Tubular         4.7         32,60         0,20         0,60         0,60         0,07           4300015058         103         Poço Tubular         6.2         32,80         0,20         0,60         0,60         0,07           430002111         104         Poço Tubular         4.74         34,50         0,20         0,60         0,60         0,07           43000021468         105         Poço Tubular         1.0         36,00         0,20         0,60         0,60         0,07           4300021471         107         Poço Tubular         1.16         38,92         0,20         0,60         0,60         <  | 4300002119 | 95  | Poço Tubular | 21.42  | 27,08 | 0,20 | 0,60 | 0,60 | 0,07 |
| 4300015088         98         Poço Tubular         4.6         28,20         0,20         0,60         0,60         0,07           4300015073         99         Poço Tubular         5         28,90         0,20         0,60         0,60         0,07           4300017711         100         Poço Tubular         5         30,00         0,20         0,60         0,60         0,07           4300015092         101         Poço Tubular         5.5         32,30         0,20         0,60         0,60         0,07           4300015057         102         Poço Tubular         4.7         32,60         0,20         0,60         0,60         0,07           4300015058         103         Poço Tubular         4.74         34,50         0,20         0,60         0,60         0,07           4300012468         105         Poço Tubular         2.49         34,94         0,20         0,60         0,60         0,07           4300021471         107         Poço Tubular         1.16         38,92         0,20         0,60         0,60         0,07           430002123         108         Poço Tubular         5.58         39,63         0,20         0,60         0,60         <  | 4300015055 | 96  | Poço Tubular | 30.399 | 27,46 | 0,20 | 0,60 | 0,60 | 0,07 |
| 4300015073   99   Poço Tubular   5   28,90   0,20   0,60   0,60   0,007     4300017711   100   Poço Tubular   5   30,00   0,20   0,60   0,60   0,007     4300015092   101   Poço Tubular   5.5   32,30   0,20   0,60   0,60   0,007     4300015057   102   Poço Tubular   4.7   32,60   0,20   0,60   0,60   0,007     4300015058   103   Poço Tubular   6.2   32,80   0,20   0,60   0,60   0,007     430002111   104   Poço Tubular   4.74   34,50   0,20   0,60   0,60   0,007     4300012468   105   Poço Tubular   10   36,00   0,20   0,60   0,60   0,007     4300021471   107   Poço Tubular   1.16   38,92   0,20   0,60   0,60   0,007     430002123   108   Poço Tubular   5.58   39,63   0,20   0,60   0,60   0,007     4300015052   110   Poço Tubular   5.58   39,63   0,20   0,60   0,60   0,007     4300015052   110   Poço Tubular   4.5   43,00   0,20   0,60   0,60   0,007     4300015064   111   Poço Tubular   18   49,00   0,20   0,60   0,60   0,007     4300017720   113   Poço Tubular   18   49,00   0,20   0,60   0,60   0,007     4300017720   113   Poço Tubular   18   49,00   0,20   0,60   0,60   0,007     430001790   116   Poço Tubular   10,421   63,12   0,20   0,60   0,60   0,007     4300015098   118   Poço Tubular   10,21   63,12   0,20   0,60   0,50   0,06     4300021470   117   Poço Tubular   10,421   63,12   0,20   0,60   0,50   0,06     4300015098   118   Poço Tubular   8.9   57,60   0,20   0,60   0,50   0,06     4300015094   12   Poço Tubular   8.9   57,60   0,20   0,60   0,50   0,06     4300015095   120   Poço Tubular   8   78,00   0,20   0,60   0,50   0,06     4300015054   121   Poço Tubular   8   78,00   0,20   0,60   0,50   0,06     4300015098   122   Poço Tubular   8   78,00   0,20   0,60   0,50   0,06     4300015094   121   Poço Tubular   8   78,00   0,20   0,60   0,50   0,06     4300015094   121   Poço Tubular   8   78,00   0,20   0,60   0,50   0,06     4300015094   122   Poço Tubular   8   78,00   0,20   0,40   0,70   0,06     4300015094   122   Poço Tubular   12,77   60,08   0,20   0,60   0,50   0,06     4300015094   | 4300015071 | 97  | Poço Tubular | 1.8    | 27,60 | 0,20 | 0,60 | 0,60 | 0,07 |
| 4300017711         100         Poço Tubular         5         30,00         0,20         0,60         0,60         0,07           4300015092         101         Poço Tubular         5.5         32,30         0,20         0,60         0,60         0,07           4300015057         102         Poço Tubular         4.7         32,60         0,20         0,60         0,60         0,07           4300015058         103         Poço Tubular         6.2         32,80         0,20         0,60         0,60         0,07           430002141         104         Poço Tubular         4.74         34,50         0,20         0,60         0,60         0,07           4300012468         105         Poço Tubular         2.49         34,94         0,20         0,60         0,60         0,07           4300021471         107         Poço Tubular         1.16         38,92         0,20         0,60         0,60         0,07           4300017715         109         Poço Tubular         5.58         39,63         0,20         0,60         0,60         0,07           4300015052         110         Poço Tubular         5.40,00         0,20         0,60         0,60         0,07   | 4300015088 | 98  | Poço Tubular | 4.6    | 28,20 | 0,20 | 0,60 | 0,60 | 0,07 |
| 4300015092         101         Poço Tubular         5.5         32,30         0,20         0,60         0,60         0,007           4300015057         102         Poço Tubular         4.7         32,60         0,20         0,60         0,60         0,007           4300015058         103         Poço Tubular         6.2         32,80         0,20         0,60         0,60         0,007           430002111         104         Poço Tubular         4.74         34,50         0,20         0,60         0,60         0,07           4300012468         105         Poço Tubular         2.49         34,94         0,20         0,60         0,60         0,07           4300021471         107         Poço Tubular         1.16         38,92         0,20         0,60         0,60         0,07           4300017715         109         Poço Tubular         5.58         39,63         0,20         0,60         0,60         0,07           4300015052         110         Poço Tubular         5         40,00         0,20         0,60         0,60         0,07           4300015064         111         Poço Tubular         18         49,00         0,20         0,60         0,60  | 4300015073 | 99  | Poço Tubular | 5      | 28,90 | 0,20 | 0,60 | 0,60 | 0,07 |
| 4300015057         102         Poço Tubular         4.7         32,60         0,20         0,60         0,60         0,07           4300015058         103         Poço Tubular         6.2         32,80         0,20         0,60         0,60         0,07           430002111         104         Poço Tubular         4.74         34,50         0,20         0,60         0,60         0,07           4300012468         105         Poço Tubular         2.49         34,94         0,20         0,60         0,60         0,07           430009423         106         Poço Tubular         10         36,00         0,20         0,60         0,60         0,07           4300021471         107         Poço Tubular         1.16         38,92         0,20         0,60         0,60         0,07           4300017715         109         Poço Tubular         5.58         39,63         0,20         0,60         0,60         0,07           4300015052         110         Poço Tubular         4.5         43,00         0,20         0,60         0,60         0,07           4300023600         112         Poço Tubular         18         49,00         0,20         0,60         0,60   | 4300017711 | 100 | Poço Tubular | 5      | 30,00 | 0,20 | 0,60 | 0,60 | 0,07 |
| 4300015058         103         Poço Tubular         6.2         32,80         0,20         0,60         0,60         0,07           430002111         104         Poço Tubular         4.74         34,50         0,20         0,60         0,60         0,07           4300012468         105         Poço Tubular         2.49         34,94         0,20         0,60         0,60         0,07           430009423         106         Poço Tubular         10         36,00         0,20         0,60         0,60         0,07           4300021471         107         Poço Tubular         1.16         38,92         0,20         0,60         0,60         0,07           4300017715         109         Poço Tubular         5.58         39,63         0,20         0,60         0,60         0,07           4300015052         110         Poço Tubular         5.099         45,56         0,20         0,60         0,60         0,07           4300023600         112         Poço Tubular         18         49,00         0,20         0,60         0,60         0,07           430001720         113         Poço Tubular         18         49,00         0,20         0,60         0,60   | 4300015092 | 101 | Poço Tubular | 5.5    | 32,30 | 0,20 | 0,60 | 0,60 | 0,07 |
| 4300002111         104         Poço Tubular         4.74         34,50         0,20         0,60         0,60         0,07           4300012468         105         Poço Tubular         2.49         34,94         0,20         0,60         0,60         0,07           43000021471         107         Poço Tubular         1.16         38,92         0,20         0,60         0,60         0,07           430002123         108         Poço Tubular         5.58         39,63         0,20         0,60         0,60         0,07           4300017715         109         Poço Tubular         5         40,00         0,20         0,60         0,60         0,07           4300015052         110         Poço Tubular         5.099         45,56         0,20         0,60         0,60         0,07           4300015064         111         Poço Tubular         18         49,00         0,20         0,60         0,60         0,07           4300017720         113         Poço Tubular         18         49,00         0,20         0,60         0,60         0,07           4300016347         114         Poço Tubular         10.421         63,12         0,20         0,60         0,60  | 4300015057 | 102 | Poço Tubular | 4.7    | 32,60 | 0,20 | 0,60 | 0,60 | 0,07 |
| 4300012468         105         Poço Tubular         2.49         34,94         0,20         0,60         0,60         0,07           4300009423         106         Poço Tubular         10         36,00         0,20         0,60         0,60         0,07           4300021471         107         Poço Tubular         1.16         38,92         0,20         0,60         0,60         0,07           430002123         108         Poço Tubular         5.58         39,63         0,20         0,60         0,60         0,07           4300017715         109         Poço Tubular         5         40,00         0,20         0,60         0,60         0,07           4300015052         110         Poço Tubular         5.099         45,56         0,20         0,60         0,60         0,07           4300023600         112         Poço Tubular         18         49,00         0,20         0,60         0,60         0,07           4300017720         113         Poço Tubular         18         49,00         0,20         0,60         0,60         0,07           430001756         115         Poço Tubular         10.421         63,12         0,20         0,70         0,50  | 4300015058 | 103 | Poço Tubular | 6.2    | 32,80 | 0,20 | 0,60 | 0,60 | 0,07 |
| 4300009423         106         Poço Tubular         10         36,00         0,20         0,60         0,60         0,07           4300021471         107         Poço Tubular         1.16         38,92         0,20         0,60         0,60         0,07           430002123         108         Poço Tubular         5.58         39,63         0,20         0,60         0,60         0,07           4300017715         109         Poço Tubular         5         40,00         0,20         0,60         0,60         0,07           4300015052         110         Poço Tubular         4.5         43,00         0,20         0,60         0,60         0,07           4300015064         111         Poço Tubular         18         49,00         0,20         0,60         0,60         0,07           4300017720         113         Poço Tubular         18         49,00         0,20         0,60         0,60         0,07           4300016347         114         Poço Tubular         10.421         63,12         0,20         0,60         0,60         0,07           4300017156         115         Poço Tubular         7.246         7,40         0,20         0,60         0,50   | 4300002111 | 104 | Poço Tubular | 4.74   | 34,50 | 0,20 | 0,60 | 0,60 | 0,07 |
| 4300021471         107         Poço Tubular         1.16         38,92         0,20         0,60         0,60         0,07           4300002123         108         Poço Tubular         5.58         39,63         0,20         0,60         0,60         0,07           4300017715         109         Poço Tubular         5         40,00         0,20         0,60         0,60         0,07           4300015052         110         Poço Tubular         4.5         43,00         0,20         0,60         0,60         0,07           4300015064         111         Poço Tubular         5.099         45,56         0,20         0,60         0,60         0,07           4300017720         113         Poço Tubular         18         49,00         0,20         0,60         0,60         0,07           4300016347         114         Poço Tubular         10.421         63,12         0,20         0,60         0,00         0,07           4300017156         115         Poço Tubular         7.246         7,40         0,20         0,40         0,80         0,06           430002109         116         Poço Tubular         0.58         57,55         0,20         0,60         0,50  | 4300012468 | 105 | Poço Tubular | 2.49   | 34,94 | 0,20 | 0,60 | 0,60 | 0,07 |
| 4300002123         108         Poço Tubular         5.58         39,63         0,20         0,60         0,60         0,07           4300017715         109         Poço Tubular         5         40,00         0,20         0,60         0,60         0,07           4300015052         110         Poço Tubular         4.5         43,00         0,20         0,60         0,60         0,07           4300015064         111         Poço Tubular         5.099         45,56         0,20         0,60         0,60         0,07           4300023600         112         Poço Tubular         18         49,00         0,20         0,60         0,60         0,07           4300017720         113         Poço Tubular         18         49,00         0,20         0,60         0,60         0,07           4300016347         114         Poço Tubular         10.421         63,12         0,20         0,70         0,50         0,07           4300017156         115         Poço Tubular         7.246         7,40         0,20         0,40         0,80         0,06           4300021470         117         Poço Tubular         0.58         57,55         0,20         0,60         0,50   | 4300009423 | 106 | Poço Tubular | 10     | 36,00 | 0,20 | 0,60 | 0,60 | 0,07 |
| 4300017715         109         Poço Tubular         5         40,00         0,20         0,60         0,60         0,07           4300015052         110         Poço Tubular         4.5         43,00         0,20         0,60         0,60         0,07           4300015064         111         Poço Tubular         5.099         45,56         0,20         0,60         0,60         0,07           4300023600         112         Poço Tubular         18         49,00         0,20         0,60         0,60         0,07           4300017720         113         Poço Tubular         18         49,00         0,20         0,60         0,60         0,07           4300016347         114         Poço Tubular         10.421         63,12         0,20         0,70         0,50         0,07           4300017156         115         Poço Tubular         7.246         7,40         0,20         0,40         0,80         0,06           4300021470         117         Poço Tubular         6         47,68         0,20         0,60         0,50         0,06           4300015098         118         Poço Tubular         12.77         60,08         0,20         0,60         0,50   | 4300021471 | 107 | Poço Tubular | 1.16   | 38,92 | 0,20 | 0,60 | 0,60 | 0,07 |
| 4300015052         110         Poço Tubular         4.5         43,00         0,20         0,60         0,60         0,07           4300015064         111         Poço Tubular         5.099         45,56         0,20         0,60         0,60         0,07           4300023600         112         Poço Tubular         18         49,00         0,20         0,60         0,60         0,07           4300017720         113         Poço Tubular         18         49,00         0,20         0,60         0,60         0,07           4300016347         114         Poço Tubular         10.421         63,12         0,20         0,70         0,50         0,07           4300017156         115         Poço Tubular         7.246         7,40         0,20         0,40         0,80         0,06           430002109         116         Poço Tubular         6         47,68         0,20         0,60         0,50         0,06           4300015098         118         Poço Tubular         8.9         57,60         0,20         0,60         0,50         0,06           4300015095         120         Poço Tubular         2.5         77,90         0,20         0,60         0,50  | 4300002123 | 108 | Poço Tubular | 5.58   | 39,63 | 0,20 | 0,60 | 0,60 | 0,07 |
| 4300015064         111         Poço Tubular         5.099         45,56         0,20         0,60         0,60         0,07           4300023600         112         Poço Tubular         18         49,00         0,20         0,60         0,60         0,07           4300017720         113         Poço Tubular         18         49,00         0,20         0,60         0,60         0,07           4300016347         114         Poço Tubular         10.421         63,12         0,20         0,70         0,50         0,07           4300017156         115         Poço Tubular         7.246         7,40         0,20         0,40         0,80         0,06           430002109         116         Poço Tubular         6         47,68         0,20         0,60         0,50         0,06           4300021470         117         Poço Tubular         8.9         57,55         0,20         0,60         0,50         0,06           4300015098         118         Poço Tubular         8.9         57,60         0,20         0,60         0,50         0,06           4300015095         120         Poço Tubular         2.5         77,90         0,20         0,60         0,50  | 4300017715 | 109 | Poço Tubular | 5      | 40,00 | 0,20 | 0,60 | 0,60 | 0,07 |
| 4300023600         112         Poço Tubular         18         49,00         0,20         0,60         0,60         0,07           4300017720         113         Poço Tubular         18         49,00         0,20         0,60         0,60         0,07           4300016347         114         Poço Tubular         10.421         63,12         0,20         0,70         0,50         0,07           4300017156         115         Poço Tubular         7.246         7,40         0,20         0,40         0,80         0,06           430002109         116         Poço Tubular         6         47,68         0,20         0,60         0,50         0,06           4300021470         117         Poço Tubular         0.58         57,55         0,20         0,60         0,50         0,06           4300015098         118         Poço Tubular         8.9         57,60         0,20         0,60         0,50         0,06           4300015095         120         Poço Tubular         2.5         77,90         0,20         0,60         0,50         0,06           4300015054         121         Poço Tubular         8         78,00         0,20         0,60         0,50   | 4300015052 | 110 | Poço Tubular | 4.5    | 43,00 | 0,20 | 0,60 | 0,60 | 0,07 |
| 4300017720         113         Poço Tubular         18         49,00         0,20         0,60         0,60         0,07           4300016347         114         Poço Tubular         10.421         63,12         0,20         0,70         0,50         0,07           4300017156         115         Poço Tubular         7.246         7,40         0,20         0,40         0,80         0,06           430002109         116         Poço Tubular         6         47,68         0,20         0,60         0,50         0,06           4300021470         117         Poço Tubular         0.58         57,55         0,20         0,60         0,50         0,06           4300015098         118         Poço Tubular         8.9         57,60         0,20         0,60         0,50         0,06           430002112         119         Poço Tubular         12.77         60,08         0,20         0,60         0,50         0,06           4300015095         120         Poço Tubular         2.5         77,90         0,20         0,60         0,50         0,06           4300020908         122         Poço Tubular         8         78,00         0,20         0,40         0,70   | 4300015064 | 111 | Poço Tubular | 5.099  | 45,56 | 0,20 | 0,60 | 0,60 | 0,07 |
| 4300016347         114         Poço Tubular         10.421         63,12         0,20         0,70         0,50         0,07           4300017156         115         Poço Tubular         7.246         7,40         0,20         0,40         0,80         0,06           430002109         116         Poço Tubular         6         47,68         0,20         0,60         0,50         0,06           4300021470         117         Poço Tubular         0.58         57,55         0,20         0,60         0,50         0,06           4300015098         118         Poço Tubular         8.9         57,60         0,20         0,60         0,50         0,06           4300015095         120         Poço Tubular         2.5         77,90         0,20         0,60         0,50         0,06           4300015054         121         Poço Tubular         8         78,00         0,20         0,60         0,50         0,06           4300020908         122         Poço Tubular         4         17,00         0,20         0,40         0,70         0,06  | 4300023600 | 112 | Poço Tubular | 18     | 49,00 | 0,20 | 0,60 | 0,60 | 0,07 |
| 4300017156         115         Poço Tubular         7.246         7,40         0,20         0,40         0,80         0,06           4300002109         116         Poço Tubular         6         47,68         0,20         0,60         0,50         0,06           4300021470         117         Poço Tubular         0.58         57,55         0,20         0,60         0,50         0,06           4300015098         118         Poço Tubular         8.9         57,60         0,20         0,60         0,50         0,06           4300002112         119         Poço Tubular         12.77         60,08         0,20         0,60         0,50         0,06           4300015095         120         Poço Tubular         2.5         77,90         0,20         0,60         0,50         0,06           4300015054         121         Poço Tubular         8         78,00         0,20         0,40         0,50         0,06           4300020908         122         Poço Tubular         4         17,00         0,20         0,40         0,70         0,06  | 4300017720 | 113 | Poço Tubular | 18     | 49,00 | 0,20 | 0,60 | 0,60 | 0,07 |
| 4300002109         116         Poço Tubular         6         47,68         0,20         0,60         0,50         0,06           4300021470         117         Poço Tubular         0.58         57,55         0,20         0,60         0,50         0,06           4300015098         118         Poço Tubular         8.9         57,60         0,20         0,60         0,50         0,06           430002112         119         Poço Tubular         12.77         60,08         0,20         0,60         0,50         0,06           4300015095         120         Poço Tubular         2.5         77,90         0,20         0,60         0,50         0,06           4300015054         121         Poço Tubular         8         78,00         0,20         0,60         0,50         0,06           4300020908         122         Poço Tubular         4         17,00         0,20         0,40         0,70         0,06  | 4300016347 | 114 | Poço Tubular | 10.421 | 63,12 | 0,20 | 0,70 | 0,50 | 0,07 |
| 4300021470         117         Poço Tubular         0.58         57,55         0,20         0,60         0,50         0,06           4300015098         118         Poço Tubular         8.9         57,60         0,20         0,60         0,50         0,06           4300002112         119         Poço Tubular         12.77         60,08         0,20         0,60         0,50         0,06           4300015095         120         Poço Tubular         2.5         77,90         0,20         0,60         0,50         0,06           4300015054         121         Poço Tubular         8         78,00         0,20         0,60         0,50         0,06           4300020908         122         Poço Tubular         4         17,00         0,20         0,40         0,70         0,06   | 4300017156 | 115 | Poço Tubular | 7.246  | 7,40  | 0,20 | 0,40 | 0,80 | 0,06 |
| 4300015098         118         Poço Tubular         8.9         57,60         0,20         0,60         0,50         0,06           4300002112         119         Poço Tubular         12.77         60,08         0,20         0,60         0,50         0,06           4300015095         120         Poço Tubular         2.5         77,90         0,20         0,60         0,50         0,06           4300015054         121         Poço Tubular         8         78,00         0,20         0,60         0,50         0,06           4300020908         122         Poço Tubular         4         17,00         0,20         0,40         0,70         0,06  | 4300002109 | 116 | Poço Tubular | 6      | 47,68 | 0,20 | 0,60 | 0,50 | 0,06 |
| 4300002112         119         Poço Tubular         12.77         60,08         0,20         0,60         0,50         0,06           4300015095         120         Poço Tubular         2.5         77,90         0,20         0,60         0,50         0,06           4300015054         121         Poço Tubular         8         78,00         0,20         0,60         0,50         0,06           4300020908         122         Poço Tubular         4         17,00         0,20         0,40         0,70         0,06  | 4300021470 | 117 | Poço Tubular | 0.58   | 57,55 | 0,20 | 0,60 | 0,50 | 0,06 |
| 4300015095         120         Poço Tubular         2.5         77,90         0,20         0,60         0,50         0,06           4300015054         121         Poço Tubular         8         78,00         0,20         0,60         0,50         0,06           4300020908         122         Poço Tubular         4         17,00         0,20         0,40         0,70         0,06  | 4300015098 | 118 | Poço Tubular | 8.9    | 57,60 | 0,20 | 0,60 | 0,50 | 0,06 |
| 4300015054         121         Poço Tubular         8         78,00         0,20         0,60         0,50         0,06           4300020908         122         Poço Tubular         4         17,00         0,20         0,40         0,70         0,06  | 4300002112 | 119 | Poço Tubular | 12.77  | 60,08 | 0,20 | 0,60 | 0,50 | 0,06 |
| 4300020908 122 Poço Tubular 4 17,00 0,20 0,40 0,70 0,06  | 4300015095 | 120 | Poço Tubular | 2.5    | 77,90 | 0,20 | 0,60 | 0,50 | 0,06 |
|  | 4300015054 | 121 | Poço Tubular | 8      | 78,00 | 0,20 | 0,60 | 0,50 | 0,06 |
| 4300023602   123   Poço Tubular   10   54,00   0,20   0,40   0,50   0,04   | 4300020908 | 122 | Poço Tubular | 4      | 17,00 | 0,20 | 0,40 | 0,70 | 0,06 |
|  | 4300023602 | 123 | Poço Tubular | 10     | 54,00 | 0,20 | 0,40 | 0,50 | 0,04 |