

Determinação do índice de vulnerabilidade da água subterrânea em Novo Hamburgo (RS)

Brandaly Staudt

Geóloga, Mestranda em Geografia, Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Geografia
Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

RESUMO

O município de Novo Hamburgo se encontra na região metropolitana da grande Porto Alegre (RS), sendo que possui um elevado consumo de água a partir de mananciais subterrâneos. Devido a isto, se considera importante a análise da vulnerabilidade natural deste aquífero. Para isto, se utilizou o índice GOD para analisar, pois este índice possui parâmetros de fácil aquisição, sendo eles: tipo de aquífero, litologia da camada acima da zona saturada e profundidade até o topo da camada saturada. Para o município foram encontrados 84 poços cadastrados no banco de dados do SIAGAS, de onde se adquiriu os dados do índice. Destes poços, 81 estão na classe baixa e 3 poços na classe média do índice. A partir do índice GOD, o município não possui áreas com vulnerabilidade natural a contaminação de aquífero alta, porém, são indicados a realização de trabalhos que relacionem o índice ao uso do solo no município.

Palavras-chave: Índice GOD, Aquífero, Águas subterrâneas.

1 INTRODUÇÃO

O estudo acerca das águas subterrâneas tem se tornado de potencial interesse, tanto para a comunidade acadêmica, quanto para a sociedade. Devido ao crescimento pela demanda deste bem para os mais diversificados usos, além do consumo humano e dessedentação. O intenso uso dos recursos hídricos superficiais tem saturado este bem, seja pela diminuição de seus mananciais, como também, pela contaminação das águas. Por conta disto, as águas subterrâneas são uma opção viável devido ao relativo fácil acesso a este bem, sua boa quantidade e qualidade (Foster & Hirata, 1988). Por outro lado, para a retirada deste bem, é necessária a construção de um poço profundo, sendo essa uma obra de engenharia, ela requer alguns cuidados e regras para a elaboração destes.

A elaboração de um poço profundo sem o estudo prévio pode ocasionar problemas, tanto na construção dele em áreas sem água, bem como, em problemas na captação da água e problemas no revestimento e vedação. Este último pode acabar por deixar as águas subterrâneas locais suscetíveis aos contaminantes exteriores, pois estes podem entrar em contato com as águas devido à falta de cuidado na construção dos poços (Foster et al, 2006; Kemerich et al, 2011).

Além disto, outros fatores também são importantes na análise de suscetibilidade das águas subterrâneas, como o tipo de solo, substrato rochoso e a profundidade da água. Estes e outros atributos são identificados e analisados para a construção de um poço, e estes mesmos atributos são classificados no estudo de vulnerabilidade das águas subterrâneas.



A análise de vulnerabilidade das águas subterrâneas é de grande importância para identificar em quais áreas há maior potencial para contaminação, este estudo também é importante pois a identificação de áreas mais suscetíveis pode delimitar o uso do solo superficial, sendo importante na gestão das cidades. Dentre os tipos de análise, se encontram os índices de vulnerabilidade da água subterrâneas, onde se delimitam parâmetros de análise, cada parâmetro possui classes, e estas são calculadas a fim de indicar o nível de vulnerabilidade da região à contaminação (Foster & Hirata, 1988).

Dentre os índices mais conhecidos, se encontra o índice GOD, este índice calcula a vulnerabilidade intrínseca do aquífero, ou seja, não leva em consideração o uso do solo; possui três parâmetros de cálculo, sendo que eles são de fácil aquisição, o que torna o índice GOD muito utilizado no país (Foster et al, 2006).

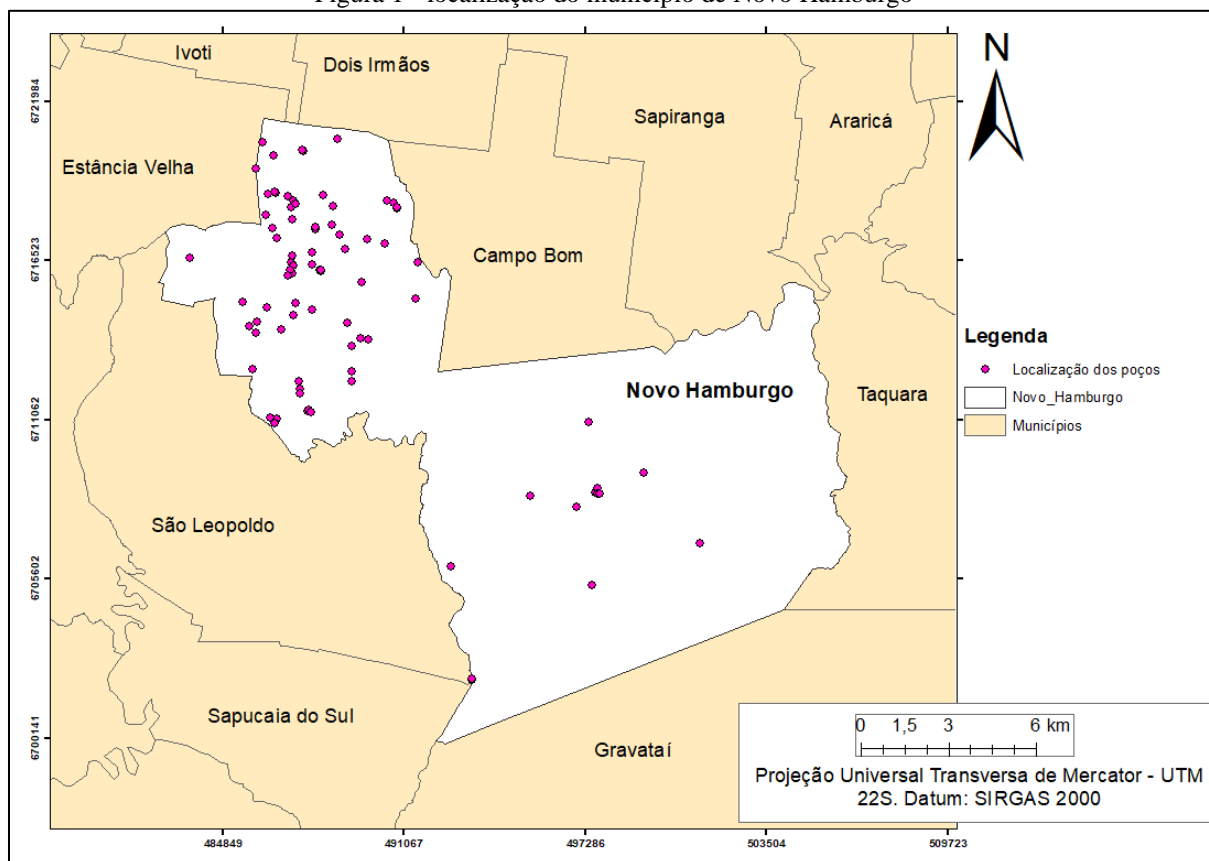
O município de Novo Hamburgo, no Rio Grande do Sul (RS), possui um alto consumo de água subterrânea, com 84 poços cadastrados (SIAGAS, 2024). O município se localiza a 40 km da capital, Porto Alegre, com área total de 222,536 km² e população de 227.646 habitantes, onde o consumo da água possui diferentes fontes, como a rede de distribuição de água, poços de captação e outros (CENSO, 2022; IBGE cidades, 2024).

Devido a isto, este estudo visa classificar a vulnerabilidade das águas subterrâneas do município de Novo Hamburgo (RS) através do índice GOD. A fim de indicar se o município possui uma vulnerabilidade natural a contaminação, este estudo poderá facilitar a tomada de decisões acerca da utilização do solo, evitando regiões onde a vulnerabilidade intrínseca é maior.

2 ÁREA DE ESTUDO

Este município se encontra na região metropolitana de Porto Alegre, situa-se a norte na base do Planalto (figura 1, localização do município de Novo Hamburgo). Possui área de total de 222,536 km² e área urbana de 56,85 km², com população de 227.646 pessoas, com densidade demográfica de 1.022,96 hab./km², segundo o censo 2022 (IBGE Cidades, 2024).

Figura 1 - localização do município de Novo Hamburgo



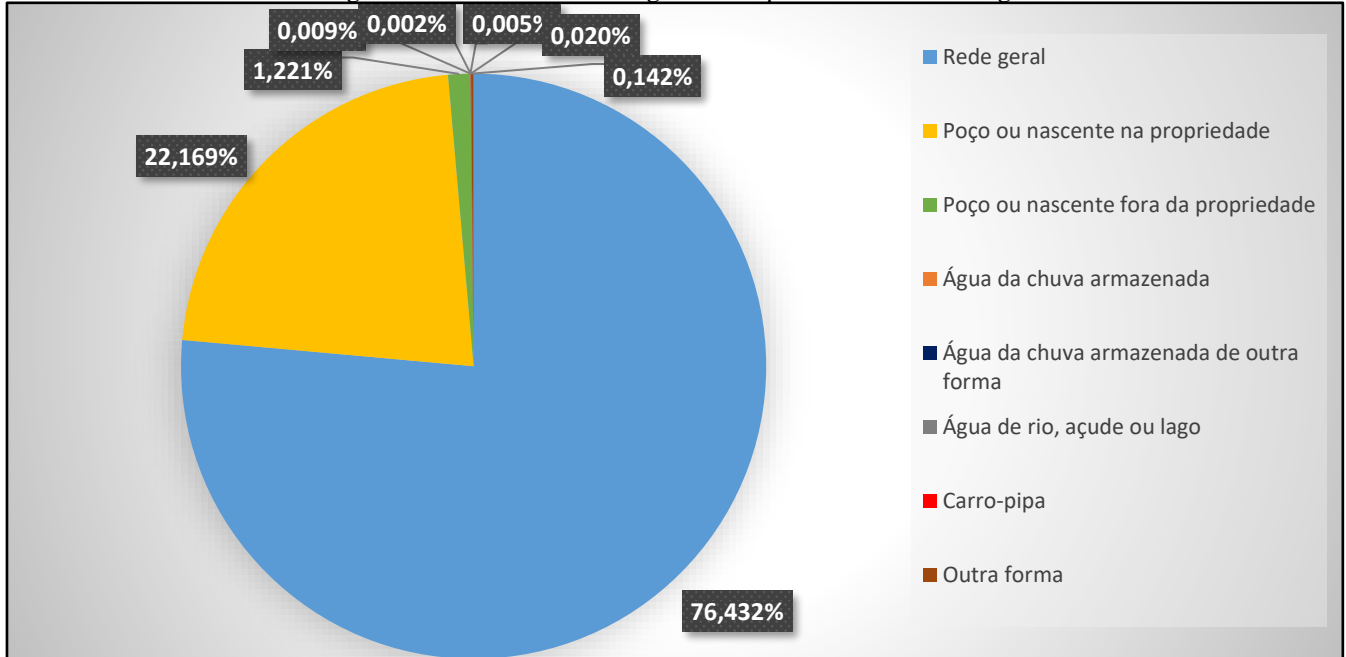
Fonte de dados: IBGE (2024), SIAGAS (2024). Elaboração própria.

O município se encontra com esgotamento sanitário de 92,1% por rede geral de esgotos e fossa séptica (em 2010). Possui seu território com 990 ha para lavouras, 2.891 ha para a pecuária, 782 ha para matas ou florestas, 106 ha para silvicultura e 18 ha para sistemas agroflorestais; com 66 ha de área irrigada. Possui um volume de água tratada de 27.031 m³ por dia, com 72.921 unidades de estabelecimentos abastecidos (de um total de 83.303 domicílios), de acordo com o censo (2017) [IBGE Cidades, 2024].

O município possui uma autarquia, desde 2008, chamada COMUSA – Serviços de Água e Esgoto de Novo Hamburgo, cujo objetivo é gerenciar o abastecimento de água potável e tratamento de esgoto cloacal municipal. A captação de água é feita a partir de poços profundos em três pontos e em um ponto de captação a origem de captação é o Rio dos Sinos. Segundo a autarquia, ela atende 98% da área urbana do município (COMUSA, 2023).

A partir do Censo 2010, a forma de abastecimento da água se dá a partir de rede geral em 61.458 domicílios, 17.826 poço ou nascente na propriedade, 982 domicílios com poço ou nascente fora da propriedade, 4 domicílios com água da chuva armazenada, 2 domicílios com água de rio, açude ou lago, 7 domicílios com água da chuva armazenada de outra forma, 16 domicílios com água de carro-pipa e 114 possuem outra forma de abastecimento (IBGE Cidades, 2024) [figura 2, abastecimento de água municipal em Novo Hamburgo].

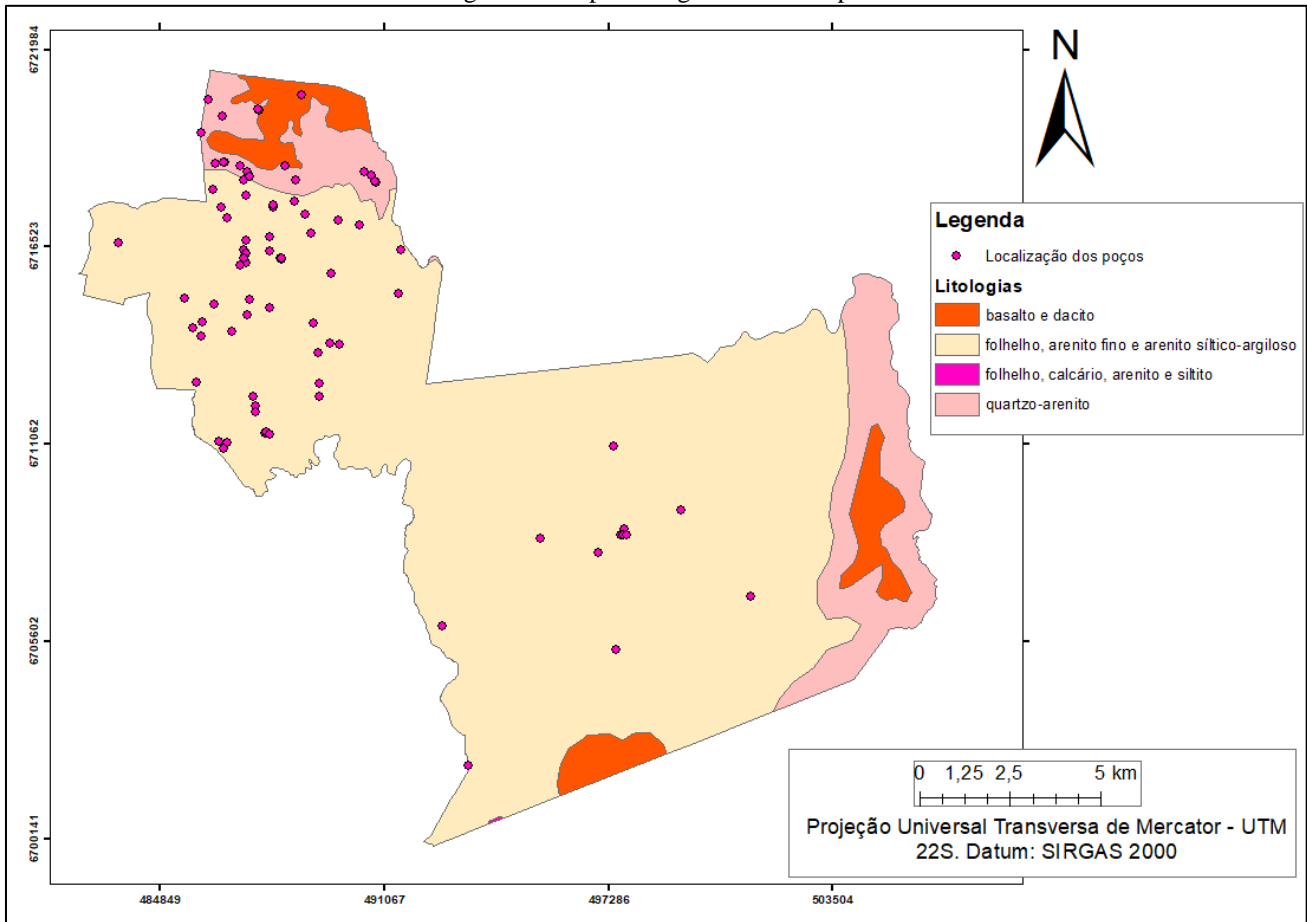
Figura 2 - Abastecimento de água municipal em Novo Hamburgo



Fonte de dados: IBGE Cidades (2024). Elaboração própria.

As litologias encontradas em Novo Hamburgo, de acordo com o mapeamento do Serviço Geológico do Brasil, são, principalmente, arenitos e basaltos, com camadas de folhelhos, calcário e siltitos, além da ocorrência de dacitos (figura 3, mapa litológico do município), das Formações Serra Geral, Botucatu, Pirambóia e Passa Dois.

Figura 3 - Mapa litológico do município



Fonte dos dados: SBG (2020), SIAGAS (2024), IBGE (2024). Elaboração própria.

A Formação Serra Geral, com rochas de origem vulcânica do Cretáceo Inferior, com as fácies Gramado, com derrames basálticos de 132 milhões de anos, granulares finos a médio, melanocrático, enquanto a fácies Caxias variam de intermediárias a ácidas, riodacitos, de 131 milhões de anos, mesocráticas (SBG, 2009 e Scherer et al, 2000).

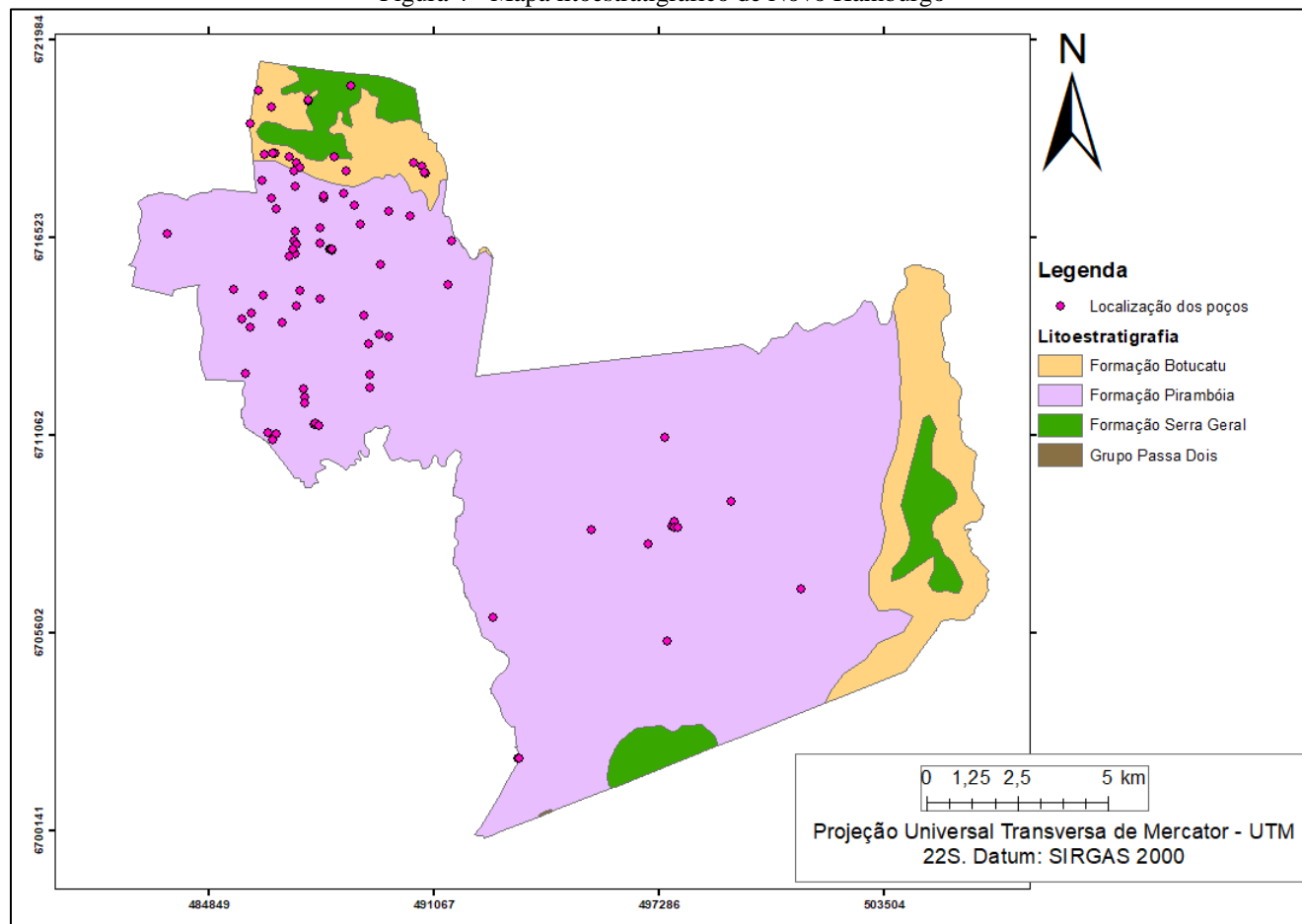
A Formação Botucatu de origem eólica, do Cretáceo Inferior, aparece intercalada com os basaltos, bem como, na base deles, estes arenitos possuem alta esfericidade com grãos bem arredondados, possuindo arenitos finos a grossos com estratificação cruzadas de pequeno a grande porte (SBG, 2009 e Scherer et al, 2000).

A Formação Pirambóia, do Permiano Superior, de origem predominantemente eólica, com fácies de dunas e interdunas aquosas, cortado por fácies de canais fluviais temporários. Os arenitos desta formação variam de finos a conglomeráticos, possuem, por vezes, argilas intersticiais, com recrescimento secundário de quartzo (Caetano-Chang e Wu, 2003; Fúlfaro, Suguio, 1974).

O Grupo Passa Dois se constitui das Formações Estrada Nova e Irati, de idade Permiana. A Formação Irati possui folhelhos, predominantemente, e calcários associados. A Formação Estrada Nova apresenta

calcários intercalados a siltitos e arenitos finos (Fúlfaro, Suguio, 1974) (figura 4, mapa litoestratigráfico de Novo Hamburgo).

Figura 4 - Mapa litoestratigráfico de Novo Hamburgo



Fonte dos dados: SBG (2020), SIAGAS (2024), IBGE (2024). Elaboração própria.

Sobre a hidrogeologia, o Serviço Geológico possui o mapa hidrogeológico do estado do Rio Grande do Sul, elaborado por Machado e Freitas (2005), nele, a região possui os sistemas aquíferos: Botucatu / Pirambóia e Sistema Aquífero Serra Geral II. (figura 5, mapa hidrogeológico municipal).

O Sistema Aquífero Serra Geral II possui litologia de riolitos, riodacitos e basaltos fraturados, a capacidade específica é inferior a 0,5 m³/h/m, porém, em áreas onde há arenitos na base ou há muito fraturamento, pode haver valores superiores a 2 m³/h/m.

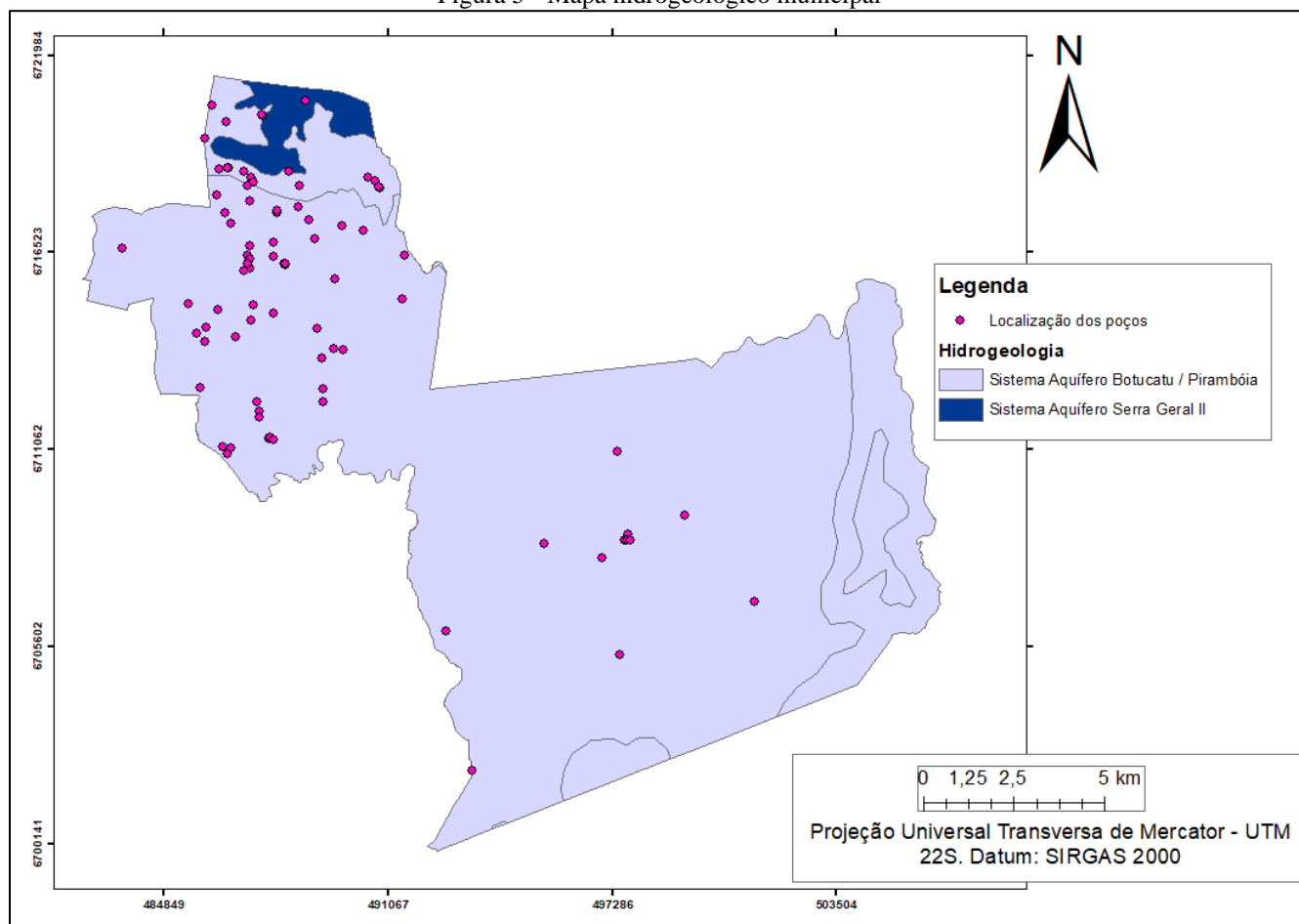
O Sistema Aquífero Botucatu / Pirambóia possui arenitos médios, róseos e com condições topográficas geralmente desfavoráveis para armazenagem de água. Possui também arenitos finos a muito finos e avermelhado com alto teor de argila. Com capacidades específicas que raramente excedem 0,5 m³/h/m (Machado e Freitas, 2005).

O município de Novo Hamburgo se localiza diretamente sobre a Unidade Hidroestratigráfica Pirambóia, que é predominantemente arenosa, porém de granulometria fina e matriz argilosa. Devido a isto,

este aquífero possui capacidade mediana a fraca, porém geralmente com águas de boa qualidade. Quanto mais a norte, em direção ao município de Ivoti, que as características hidrogeológicas mudam. Mas na região dos vales, onde se encontra Novo Hamburgo, são observados os afloramentos dos arenitos eólicos (Machado e Freitas, 2005).

O mapa potenciométrico elaborado por Machado (2005) para o sistema aquífero Guarani (SAG) compartimentado, indica que na região ele é confinado. O Sistema Aquífero Guarani para o estado do Rio Grande do Sul está confinado pelas litologias vulcânicas da Unidade Hidroestratigráfica Serra Geral. A unidade Hidroestratigráfica Botucatu é a que apresenta a maior distribuição de área confinada, possuindo vazões, por vezes, superiores a 500 m³/h; possui capacidades específicas médias entre 0,5 a 2 m³/h/m. O sistema Botucatu/ Pirambóia possuem águas com baixa salinidade (MACHADO, 2005).

Figura 5 - Mapa hidrogeológico municipal



Fonte dos dados: SBG (2020), SIAGAS (2024), IBGE (2024). Elaboração própria.

3 ÍNDICE DE VULNERABILIDADE

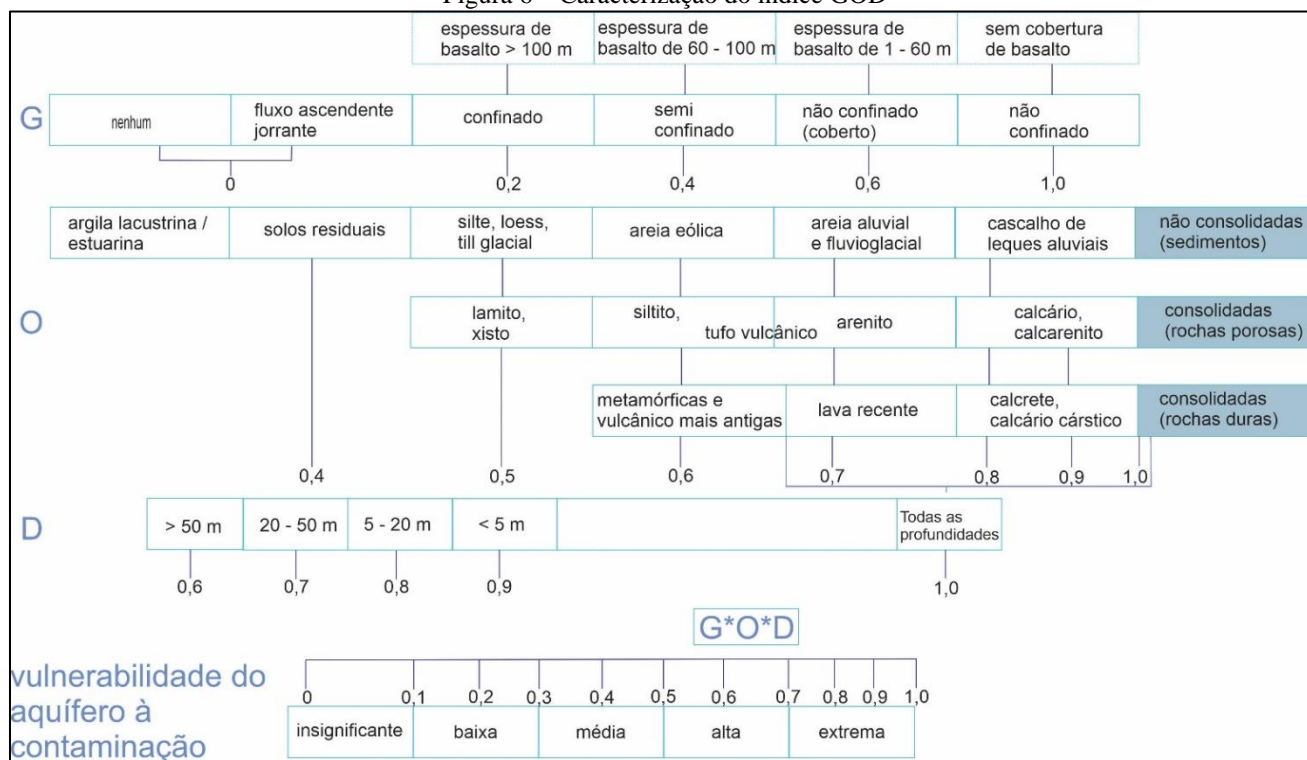
O índice GOD foi elaborado por Foster (1987), Foster e Hirata (1988) e Foster et al (2006), onde se considerou a realidade brasileira, onde a aquisição dos parâmetros é difícil, com muitos poços sem dados

(Foster et al, 2006). Nele, se visa a análise de vulnerabilidade à contaminação intrínseca, com base em três parâmetros. Sendo eles:

- G Groundwater occurrence (tipo de ocorrência da água subterrânea): Cada poço possui um tipo de ocorrência. Este parâmetro pode ser livre, coberto, semiconfinado, confinado ou jorrante.
- O Lithology of the overlying (litologia): Classifica a litologia na camada acima da zona saturada, ou a camada acima do topo do aquífero, os parâmetros podem variar entre sedimentos, rochas sedimentares, rochas ígneas e metamórficas.
- D Depth of groundwater (profundidade): Este parâmetro é a distância até a zona saturada ou até o teto do aquífero. Varia entre surgência de água até profundidades maiores de 50 metros.

Cada parâmetro recebe uma pontuação, essas pontuações serão multiplicadas e classificadas conforme as classes de vulnerabilidade (figura 6, caracterização do índice GOD).

Figura 6 – Caracterização do índice GOD



Adaptado de Foster et al (2006)

4 TRABALHOS RELACIONADOS

Löbler et al (2014) utilizaram o GOD para o município de Nova Palma (RS), onde ocorre o Sistema Aquífero Serra Geral - SASG e o Sistema Aquífero Guarani – SAG, este último se encontra em confinamento e livre; sendo que este município é abastecido por estas águas. Da área, a maioria se encontra nas classes de vulnerabilidade média e alta, porém, é significativo o valor da classe extrema. As áreas com



maiores classes de vulnerabilidade se encontram próximas aos rios e as áreas alagáveis. Os autores consideraram os derrames basálticos como selantes da água do SAG, porém, para isto, é importante analisar o faturamento das rochas ígneas e como estas interagem com o aquífero.

O GOD analisa a vulnerabilidade natural e não leva em consideração a utilização do solo; porém, os autores indicaram que grande parte de empreendimentos se encontram nas classes mais altas de vulnerabilidade do aquífero, Löbler et al (2014) destacam a importância de elaborar planos de fiscalização para o município a fim de prevenir possíveis contaminações.

Reginato & Ahlert (2013) estudaram aquíferos fraturados e o índice de vulnerabilidade natural, utilizando os métodos GOD e DRASTIC. Para os dois índices, as classes de vulnerabilidade moderada e baixa foram a maioria; havendo poucas discrepâncias entre os dois índices. Para este trabalho, os autores estabeleceram um valor do parâmetro G do GOD de 0,5 (entre semiconfinado e coberto) visto que o aquífero é basáltico e espesso; porém, devido a fraturas e falhas nas rochas, não é aconselhado se considerar como um aquífero confinado.

Brito & Reginato (2018) relacionaram o GOD e o POSH ao Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e Ambiental de Porto Alegre, onde o valor de GOD é médio na maior parte da área, porém, o POSH é elevado na maior parte da área. Para os autores, isto não indica um risco de contaminação, mas reforça a importância da fiscalização para que empreendimentos potencialmente poluidores não ocorram de forma irregular.

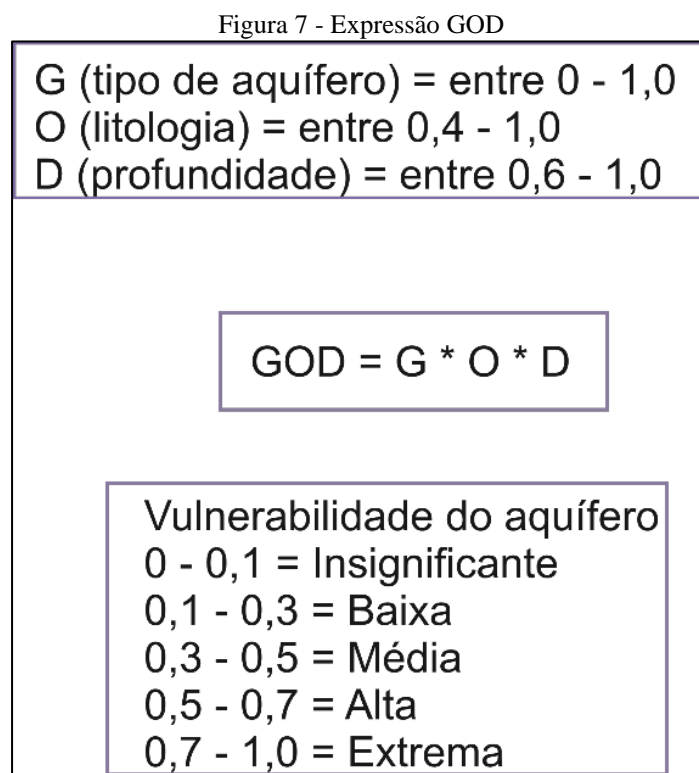
Kemerich et al (2011) realizaram o GOD para um bairro com cemitério, onde eles se atentaram ao fato de encontrar poços escavados e nascentes, cuja retirada de água é insignificante, mas que pode acabar sendo contaminado; da mesma forma, encontraram poços irregulares, sendo um risco para a qualidade do manancial.

Neste mesmo sentido, Foster et al (2006) citam que o método GOD subestima a vulnerabilidade de aquíferos fraturados, apesar de ponderarem sobre a dificuldade em se adquirir mais parâmetros para cálculos de índices de vulnerabilidade. Os autores também observam o fato de que o uso do solo altera outros fatores e que é imprescindível se atentar as atividades exercidas na superfície. Assim como, se atentar sobre a exploração excessiva e como esta pode variar a profundidade do lençol freático.

5 METODOLOGIA

Para o cálculo do índice GOD, elaborado por Foster et al (2006), como pode ser visto acima, os três parâmetros foram adquiridos a partir do cadastro de poços do SIAGAS, base de dados alimentada pelo Serviço Geológico do Brasil - SBG. O índice foi calculado para cada poço, em formato tabela no software Office Excel, onde cada um dos três parâmetros utilizados recebe uma pontuação específica – cada uma

variando entre 0 e 1 - e, após, as três pontuações são multiplicadas, gerando um valor final que pode variar de 0 a 1 (Figura 7 –expressão GOD).



Fonte: Elaboração própria (2022).

Após a organização e cálculo do índice, a planilha com dados dos poços e coordenadas foi salva para inserção dos resultados em ambiente de Sistema de Informação Geográfica – SIG, utilizando o software ArcGis 10. Os dados de malha territorial foram retirados do endereço eletrônico do IBGE, na aba geociências, organização do território, malhas territoriais. Os dados sobre solos, geologia e hidrogeologia foram retirados do repositório digital, mantido pelo Serviço Geológico do Brasil. Todos estes dados foram salvos como arquivo no formato shape file, para inserção no software ArcGis 10.

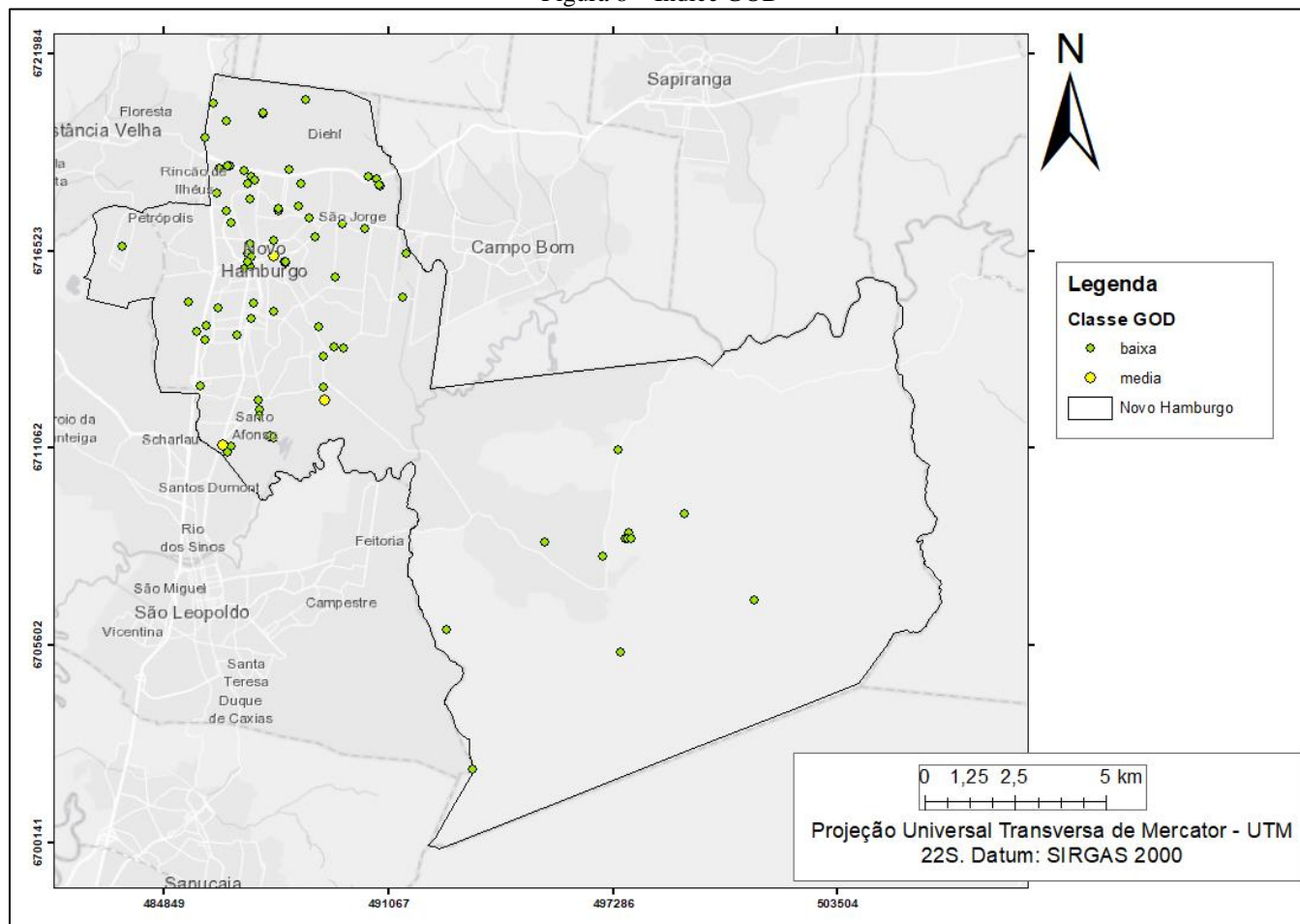
Para analisar a distribuição espacial do índice GOD, se utilizou os dados de entrada: coordenadas dos poços e valor total, para a geração do mapa índice GOD. Os resultados foram comparados com os dados que já estão inseridos na base de dados a partir de análise visual.

6 DESENVOLVIMENTO

O município possui 84 poços cadastrado na plataforma de pesquisa sobre águas subterrâneas, mantida pelo SGB, destes, todos possuem dados construtivos e geológicos. Destes poços, 14 se encontram na área rural do município, enquanto o restante se encontra na sede urbana. Os valores do Índice GOD apresentaram variação espacial, sendo observadas duas classes: baixa e média. Das classes do GOD, em 3

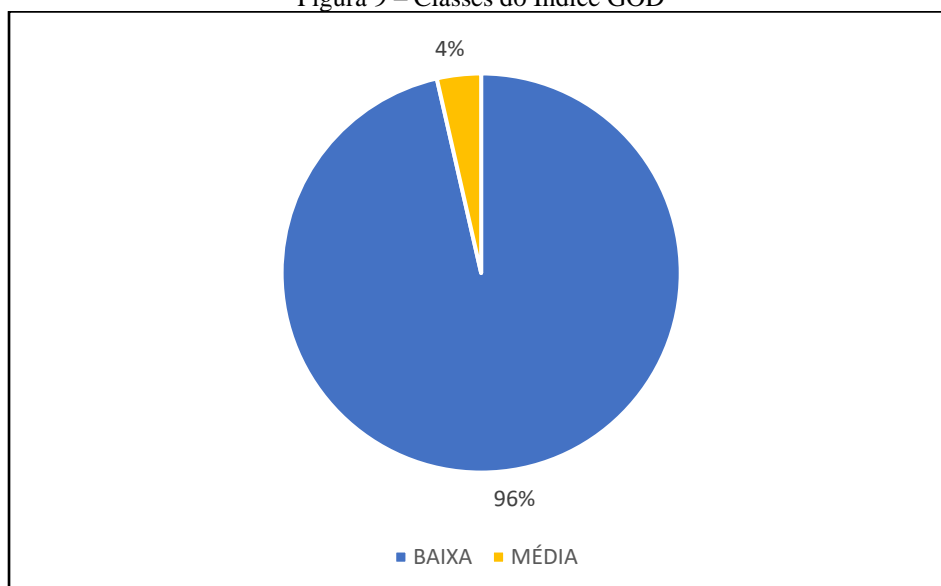
poços foram encontrados a classe média, sendo a maioria, de 81 poços, com a classe baixa (figura 8 – Índice GOD e figura 9 – Classes do índice GOD).

Figura 8 – Índice GOD



Fonte dos dados: SIAGAS (2024), IBGE (2024). Elaboração própria.

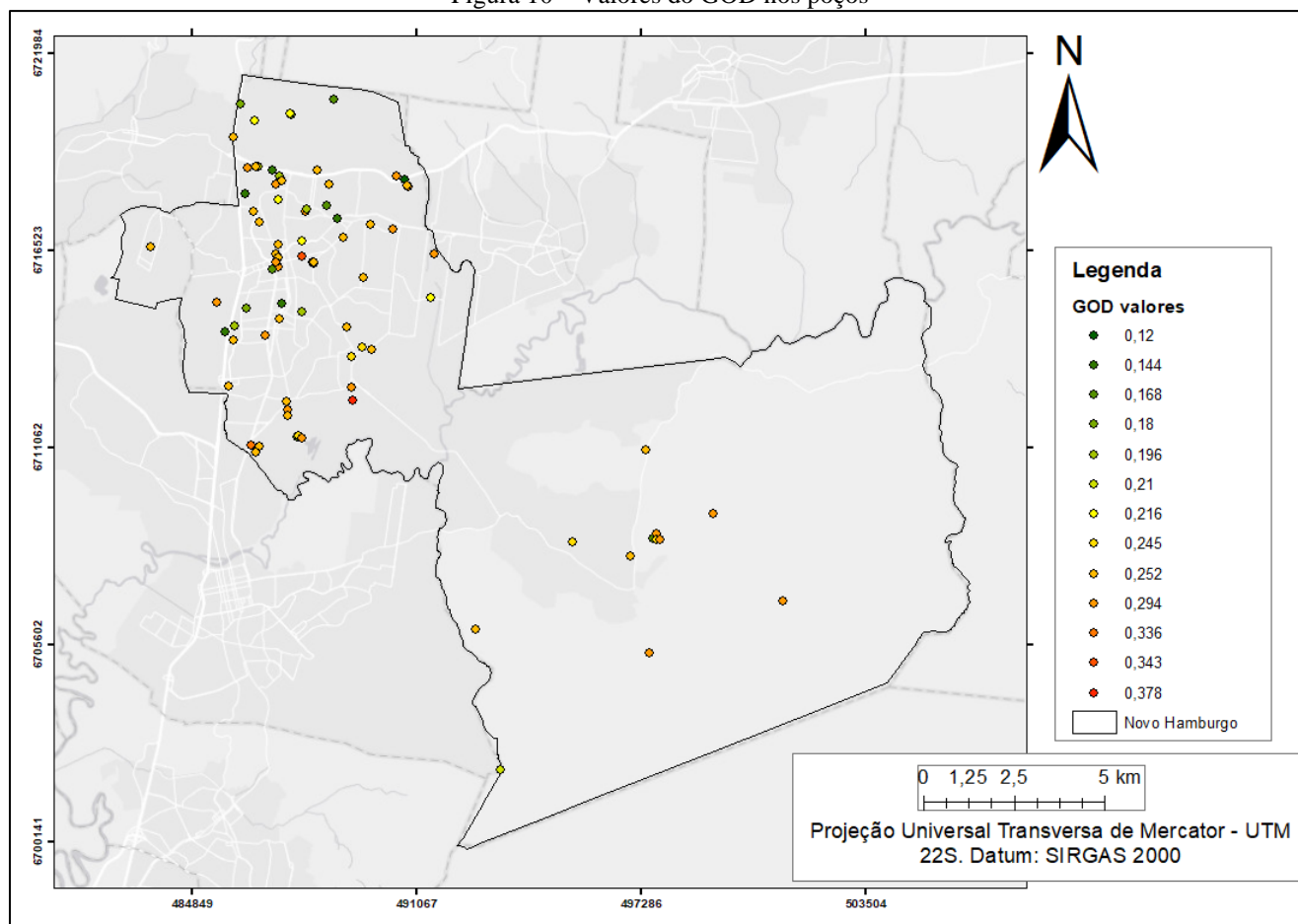
Figura 9 – Classes do Índice GOD



Fonte dos dados: SIAGAS (2024). Elaboração própria.

Dos valores do índice GOD, 5 poços possuem o valor de 0,144; 7 poços com valor de 0,168; 3 poços contam com valor de 0,18; 4 poços detém valor de 0,196; 2 poços possuem valor de 0,21; 5 poços reúnem valor de 0,216; 5 poços com valor de 0,245; 30 poços detém valor de 0,252; 19 poços reúnem valor de 0,294; por fim, 4 poços possuem valores únicos, sendo eles o poço com menor valor, de 0,12, e os poços com valores mais altos, de 0,336, 0,343 e 0,378, respectivamente (figura 10 – Valores do GOD nos poços).

Figura 10 – Valores do GOD nos poços



Fonte dos dados: SIAGAS (2024), IBGE (2024). Elaboração própria.

Quanto a distribuição espacial, verificou-se que os poços com classe de vulnerabilidade média encontram-se na área urbana municipal, enquanto a classe baixa se encontra dispersa por todo o território.

A classe baixa está localizada tanto na sede urbana quanto na rural. Com profundidade variando entre 20 metros a superiores a 50 metros. Quanto as litologias, se encontra desde solo argiloso, arenoso, argila e argilo-siltoso, a litologia da zona vadosa predominantemente de arenito e litologia de zona não vadosa em maioria de arenito, mas há ocorrência de basalto, siltito, argilito e folhelho.

A classe média se concentra em área urbana, um no bairro centro, outro no bairro Santo Afonso e o terceiro no bairro Rondônia. Com profundidade variando entre 2 a 22 metros. Litologias de arenito e basalto, sendo a litologia da zona vadosa de arenito e em 1 poço de basalto.



A Hidroestratigrafia pertence, em maioria, ao Sistema Aquífero Botucatu/ Pirambóia, com dois poços da classe baixa pertencentes ao Sistema Aquífero Serra Geral II. Com relação a geologia local, os poços se encontram nas unidades litoestratigráficas Formação Botucatu, com 15 poços, Formação Serra Geral com 2 poços e o restante na Formação Pirambóia, 67 poços. Dos poços com valores maiores de GOD, os três se encontram na Formação Pirambóia e Unidade Hidroestratigráfica Botucatu / Pirambóia.

Diferente do estudo de Löbler et al (2014), o índice GOD para Novo Hamburgo possui classes de vulnerabilidade mais baixas, identificando uma área típica de vale, com camadas mais areníticas. Mas assim como os autores citados, se retifica a importância em analisar os empreendimentos da região, bem como, a elaboração de planos de fiscalização para o município a fim de prevenir possíveis contaminações da água subterrânea.

Quanto aos usos da água subterrânea, 56 poços são destinados ao uso industrial, 21 poços para uso pessoal, 5 poços para abastecimento municipal e 2 poços para lazer. Dos 14 poços da área rural, 1 é destinado ao lazer, 4 para uso industrial e o restante abastecimento pessoal, 9 poços. Na sede urbana, a maioria dos poços cadastrados são de uso industrial, com 52 poços. 1 poço na sede urbana para lazer, os 5 poços para abastecimento urbano e 12 poços de uso pessoal.

Os poços que se encontram na classe média do índice GOD, se encontram com uso industrial para o poço, enquanto a classe baixa possui todos os outros usos citados. Quanto aos proprietários, 3 poços se encontram cadastrados pela empresa que administra o sistema de saneamento municipal, COMUSA, 2 poços cadastrados pela empresa Capital A Gerenciamento de Transportes Industriais LTDA, 2 poços cadastrados ao Centro Universitário Feevale, 2 poços associados ao Consórcio Nova Via, 2 poços na indústria Formas Kunz, 2 poços vinculados a Fundação de desenvolvimento ambiental ACL unidade 1, 3 poços cadastrados em nome da indústria Irmão Machini e CIA LTDA, 2 poços cadastrados na metalúrgica Daniel e 2 poços cadastrados na indústria Calçados Beira Rio SA. Por último, 4 poços se encontram cadastrados em nome do Condomínio Condado de Hamburgo e outros 4 cadastrados em nome de uma mesma pessoa física.

Dos 56 poços restantes, possuem proprietários distintos, sendo 15 pessoas físicas, para uso pessoal e lazer, o restante de indústria, dentre elas: indústrias calçadistas, de couros, indústrias de tintas, plásticos, químicos, metais, injetados e alimentícias, além de oficinas metalúrgicas, mecânicas automotivas, construtoras, empreendimentos agrícolas, distribuidora de alimentos, centros comerciais, hospital, hotel e colégios.

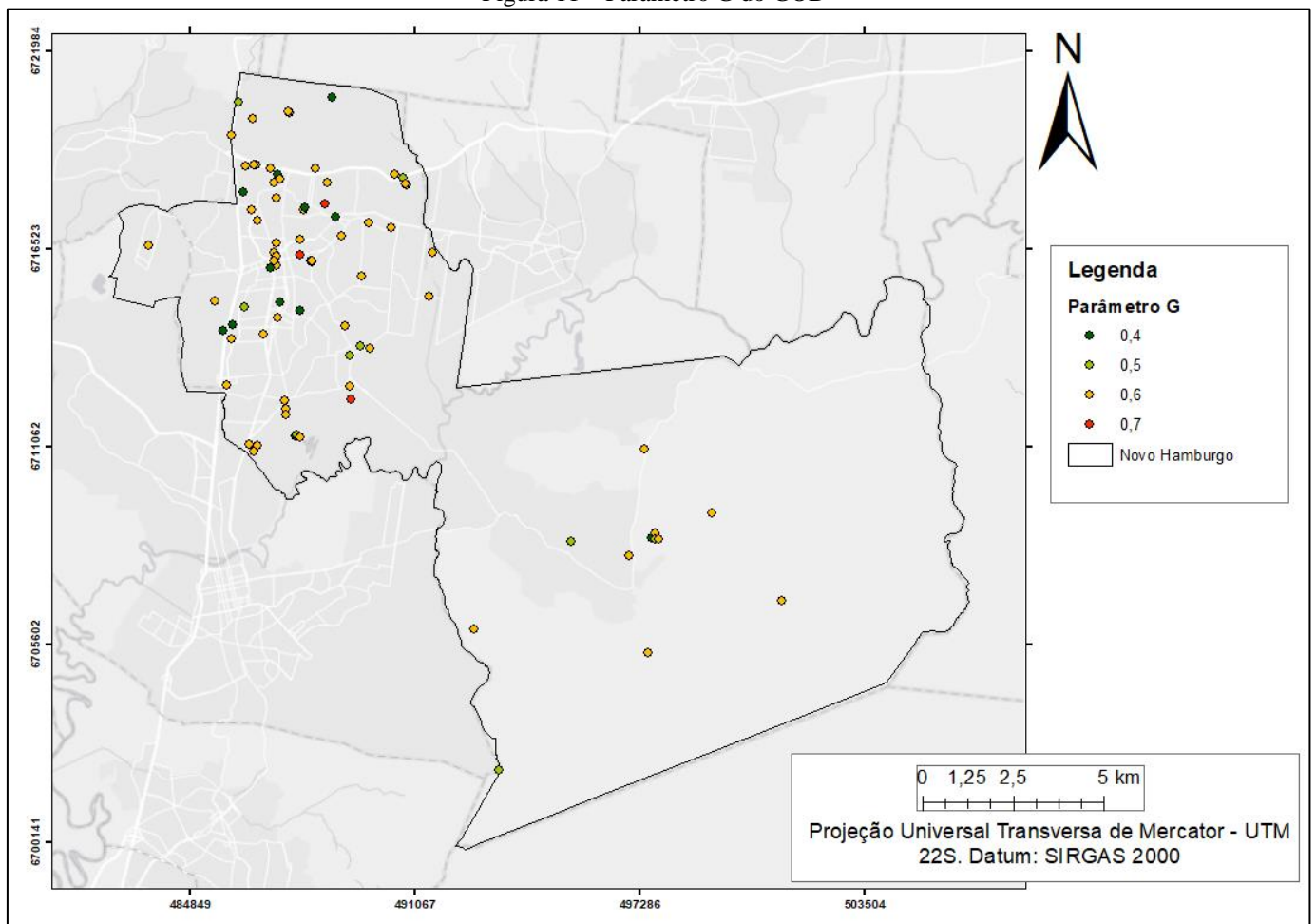
Um dos dois poços que se situa na Unidade Serra Geral, possui abastecimento pela COMUSA, enquanto o outro está cadastrado como uso industrial pela indústria Corium Química Ltda. Dos 4 poços vinculados a pessoa física, todos se encontram na área rural, enquanto os outros 4 vinculados ao

Condomínio, estes se encontram em área urbana, localizado na Avenida Doutor Maurício Cardoso, bairro Jardim Mauá, bairro com preços mais caros dos imóveis na cidade.

Sobre os parâmetros para determinação do GOD, o parâmetro G (tipo de ocorrência da água subterrânea) se encontra em maioria no Sistema Aquífero Botucatu/ Pirambóia, com valores dos parâmetros variando de 0,4 a 1 (Figura 11 -Parâmetro G do GOD), com base na relação entre a profundidade do nível da água, a litologia da camada aquífera e não aquífera. 14 poços possuem valor de 0,4 do parâmetro, 11 poços possuem valor de 0,5 do parâmetro, 56 poços possuem valor de 0,6 do parâmetro e 3 poços possuem valor de 0,7 do parâmetro.

Os três poços sem cobertura basáltica, não confinado e pouca cobertura arenítica – parâmetro 0,7, estes se encontram na área urbana, destes, 2 poços estão na classe média e um na classe baixa, que se encontra como coberto. Dos poços que se encontram no Sistema Aquífero Serra Geral II, um se encontra com o parâmetro G semiconfinado e o outro coberto.

Figura 11 – Parâmetro G do GOD

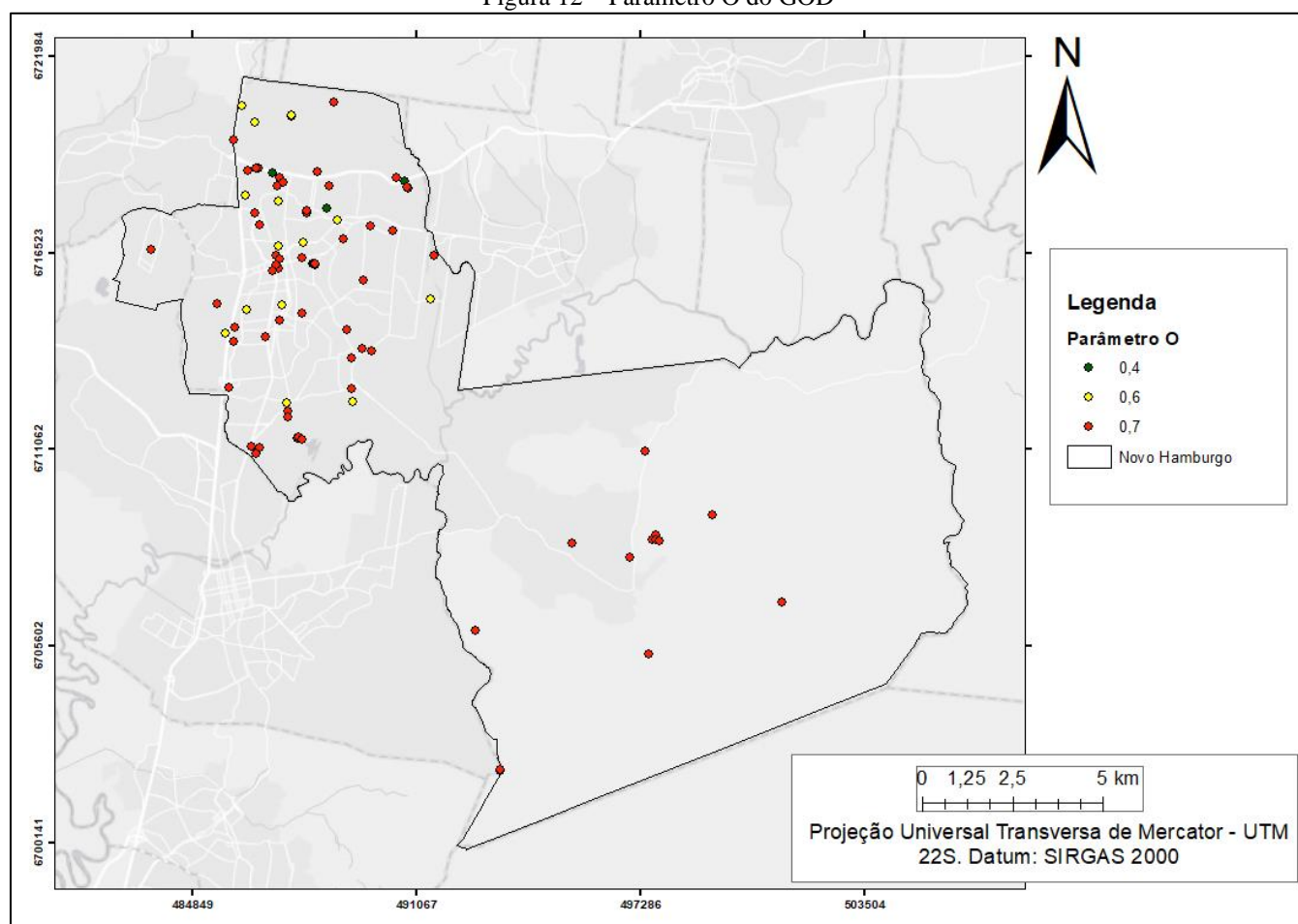


Fonte dos dados: SIAGAS (2024), IBGE (2024). Elaboração própria.

O parâmetro O (litologia da zona não saturada) variou entre 0,4 e 0,7 no parâmetro, com 3 poços com solos residuais, 15 poços com rochas de siltitos, vulcânicas e espessura de basalto entre 60 a 100 metros e 66 poços com arenitos. Dos poços cadastrados, apenas dois se encontram no Sistema Aquífero Serra Geral II, estes poços possuem cobertura de basalto espessa, mas se encontra com rocha de arenito – parâmetro 0,7, os dois poços possuem GOD na classe baixa e se encontram na sede urbana.

Os três poços com solos residuais se encontram a norte do município, os três possuem valor de GOD na classe baixa. Sendo a litologia dominante o arenito, tanto na camada acima da zona saturada, bem como, na camada saturada (figura 12 – Parâmetro O do GOD).

Figura 12 – Parâmetro O do GOD

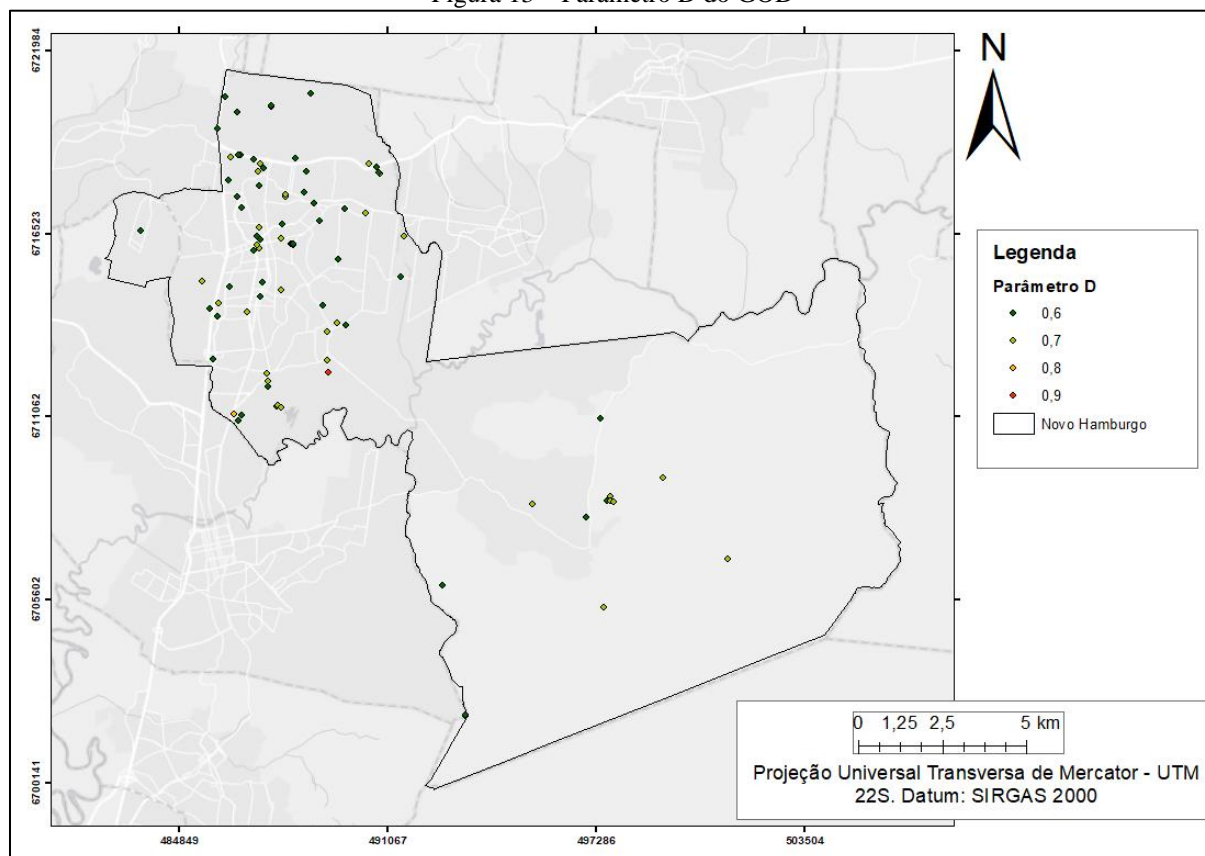


Fonte dos dados: SIAGAS (2024), IBGE (2024). Elaboração própria.

O parâmetro D (profundidade até o topo do aquífero) variou entre os índices 0,6 a 0,9. Apenas um poço possui a profundidade menor que 5 metros - parâmetro 0,9, um poço possui a profundidade entre 5 a 20 metros – parâmetro 0,8, 31 poços possuem a profundidade entre 20 a 50 metros – parâmetro 0,7, e, por fim, 51 poços possuem profundidade acima de 50 metros – parâmetro 0,6.

Do poço com menor profundidade, este possui a classe média do índice GOD. Dos poços que se encontram no SASG II, os dois possuem profundidades superiores a 50 metros de profundidade (figura 13 – Parâmetro D do GOD).

Figura 13 – Parâmetro D do GOD



Fonte dos dados: SIAGAS (2024), IBGE (2024). Elaboração própria.

O que se identifica, à primeira vista, é a ausência de valores nulos e valores máximos para os três parâmetros do índice GOD. Também se observa que há pouca variação nas classes do índice, sendo predominante a classe baixa e, subordinadamente, a classe média. Se observa que não há muita variação na litologia, tanto na zona vadosa, como na camada acima desta zona, parâmetro O. O parâmetro G, tipo de aquífero, possui uma variação, mas não relevante para mudar a classe na região.

O parâmetro D, profundidade, é aquele que produz a maior variação, sendo este parâmetro o determinante para a classe. Os três poços com a classe média possuem as menores profundidades, sendo que é da profundidade que se relacionam os valores mais elevados do parâmetro. Se identifica que o município possui poços com grande profundidade, sendo a maioria com profundidades acima dos 20 metros.

Também se identifica que o município possui a maioria dos poços para uso industrial, e algumas destas indústrias com elevado risco poluidor. O município, segundo o IBGE (Censo 2022) possui 18.808 propriedades com abastecimento através de poços, porém, através do banco de dados do SIAGAS, apenas



21 poços estão cadastrados para uso em abastecimento pessoal. Kemerich et al (2011) também enfatizam que o uso de cacimbas e outros tipos de retirada de água consideradas insignificantes podem possuir risco de contaminação elevado, bem como, a execução de poços irregulares.

Apenas um poço se encontra como seco, este foi perfurado para uso pessoal, na área rural do município. Os poços se encontram agrupados na sede municipal, não se encontram dispostos de maneira uniforme pelo território, o que pode levar a uma sobrecarga no consumo deste bem.

Com os dados do índice GOD, se indica que o município não possui áreas com grande vulnerabilidade de aquífero, no entanto, isto é determinado pela profundidade dos poços. Poços com menores profundidades podem vir a refletir uma vulnerabilidade maior, sendo que, devido a litologias areníticas, os poços se encontram, intrinsecamente, mais suscetíveis (Foster et al, 2006).

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O município de Novo Hamburgo possui 84 poços cadastrados no banco de dados do SIAGAS. A partir do resultado obtido pelo índice GOD, o município possui 81 poços na classe baixa e 3 poços na classe média. A partir do índice GOD, o município não possui áreas com vulnerabilidade natural a contaminação de aquífero alta.

Porém, é importante ressaltar que as classes do índice ficaram muito interligadas às elevadas profundidades de perfuração dos poços. Devido a isto, é importante analisar a área de vulnerabilidade natural e a relação com o uso do solo, pois alguns empreendimentos podem resultar em uma vulnerabilidade maior, principalmente nas áreas onde as litologias predominantes são de arenitos, rochas porosas que infiltram de forma mais eficiente.

Também se identifica uma incongruência nos dados registrados, pois a partir de pesquisa no IBGE Cidades, o município possui um número de residências abastecidas por águas subterrâneas muito maior que o cadastrado no banco de dados do SIAGAS. A falta destes dados pode ser devido a poços rasos com uso considerado insignificante não necessitarem de outorga, entretanto, este valor elevado pode interferir no sistema, de forma geral, ainda mais se estes estão localizados de forma adensada na região.

Outra questão que se deve atentar é para a grande demanda no consumo da água subterrânea, a partir de uma grande retirada de água dos poços profundos, o que pode acarretar rebaixamento do aquífero, até um uso insustentável do mesmo. Devido a isto, sugere-se trabalhos no sentido de analisar o rebaixamento dos poços profundos, bem como, um estudo com identificação de cacimbas e outros tipos de poços rasos, a fim de se calcular o consumo desta água subterrânea, bem como, a forma como estas obras foram elaboradas, para a identificação de possíveis fontes de contaminação.



REFERÊNCIAS

BRITO, D. O.; REGINATO, P. A. R. Zona de concentração de cargas contaminantes para avaliação do perigo de contaminação da água subterrânea em área urbana. *Águas subterrâneas*, São Paulo, v. 32, n. 1, p. 121-129, 2018.

CAETANO-CHANG, M. R.; WU, F. T. Diagênese de arenitos da Formação Pirambóia no centro-leste paulista. *Geociências*, São Paulo, v. 22, n. especial, p. 33 - 39, 2003.

COMUSA. Relatório de qualidade da água tratada. 2023. Disponível em: <https://www.comusa.rs.gov.br/index.php/saneamento/qualidadeagua>. Acesso em: 19 jun. 2024.

FOSTER, S. S. D. Fundamental Concepts in Aquifer Vulnerability, Pollution Risk and Protection Strategy. In: DUIJVANBOODEN, W. Van; WAEGENINGH, H. G. Van (eds.). *Vulnerability of Soil and Groundwaters to Pollution, Proceedings and Information*, nº 38, Holanda, 1987.

FOSTER, S. S. D.; HIRATA, R. C. Riscos de poluição de águas subterrâneas: uma proposta metodológica de avaliação regional. In: *V Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 1988, Resumos*. Recife: ABAS, p. 175-185.

FOSTER, S. S. D.; HIRATA, R. C.; 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. Washington DC: Edição Brasileira Sevmar - Serviços Técnicos Ambientais LTDA, 2006. 114p.

FÚLFARO, V. J.; SUGUIO, K. Geologia da região de Fartura, SP. *SBG*, São Paulo, v. 22, n. 4, p. 173-180, 1974.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Malhas territoriais. 2024. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html?=&t=downloads>. Acesso em: 19 jun. 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA CIDADES. Pesquisas de informações municipais. 2024. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/novo-hamburgo/panorama>. Acesso em: 19 jun. 2024.

KEMERICH, P. D. da C.; SILVA, J. L. S.; DESCOVI FILHO, L. L. V.; VOLPATTO, F.; SAUCEDO, E. M. Determinação da vulnerabilidade natural à contaminação da água subterrânea no bairro Nossa Senhora do Perpétuo Socorro em Santa Maria - RS. *Engenharia ambiental*, v. 8, n. 3, p. 85-98, 2011.

LÖBLER, C. A.; SILVA, J. L. S. da. Vulnerabilidade à contaminação das águas subterrâneas do município de Nova Palma, Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista Ambiente e Água*, Taubaté, v. 10, n. 1, p. 141-152, 2014.

MACHADO, J. L. F. Compartimentação Espacial e Arcabouço Hidroestratigráfico do Sistema Aquífero Guarani no Rio Grande do Sul. 2005. 237p. Tese (Doutorado em Geologia) - Programa de Pós-Graduação em Geologia, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Porto Alegre, 2005.

MACHADO, J. L. F.; FREITAS, M. A. de. Mapa Hidrogeológico do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: CPRM, 2005. Disponível em: http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/bitstream/handle/doc/5249/mapa_hidro_RS_final.pdf?sequence=2&isAlloved=y. Acesso em: 19 jun. 2024.



REGINATO, P. A.; AHLERT, S. Vulnerabilidade do Sistema Aquífero Serra Geral na região nordeste do estado do Rio Grande do Sul. *Águas subterrâneas*, São Paulo: ABAS, v. 27, n. 02, p. 32-46, 2013.

SCHERER, C. M. dos S.; FACCINI, U. F.; LAVINA, E. L. Arcabouço estratigráfico do Mesozóico da Bacia do Paraná. In: HOLZ, M.; DE ROS, L. F. (eds.). *Geologia do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2000, p. 335-354.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Mapa Geológico do Estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: CPRM, 2009. Disponível em: http://www.cprm.gov.br/publique/media/geologia_basica/cartografia_regional/mapa_rio_grande_sul.pdf. Acesso em: 19 jun. 2024.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Acervo Geocientífico. 2020. Disponível em: <http://webserver1.cprm.gov.br/publique/>. Acesso em: 19 jun. 2024.

SIAGAS - SISTEMA DE INFORMAÇÕES DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. Pesquisa geral. 2024. Disponível em: https://siagasweb.sgb.gov.br/layout/pesquisa_complexa.php. Acesso em: 19 jun. 2024.