

ANÁLISE DAS ENTRADAS DE ÁGUA E SUA RELAÇÃO COM A PRODUTIVIDADE DE POÇOS TUBULARES QUE CAPTAM ÁGUA DO SISTEMA AQUÍFERO SERRA GERAL NO MUNICÍPIO DE PASSO FUNDO (RS)

✉ Pedro Antonio Roehe Reginato ^{1*}, ✉ Nelson Amoretti Lisboa ², ✉ Norberto Dani ², ✉ Marcus Vinicius Dorneles Remus ², ✉ Luiz Paulo de Moura Fragomeni ³, ✉ Rafael da Rocha Ribeiro ²

¹ Departamento de Hidromecânica e Hidrologia, Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, CEP 91501-970, Porto Alegre, RS, Brasil. *E-mail*: pedro.reginato@ufrgs.br

² Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, CEP 91.501-970, Porto Alegre, RS, Brasil. *E-mails*: nelamorettilisboa@gmail.com, norberto.dani@ufrgs.br, marcus.remus@ufrgs.br, r.ribeiro@ufrgs.br

³ GEMA Geologia de Engenharia e Meio Ambiente Ltda., CEP 99.020-100, Passo Fundo, RS, Brasil. *E-mail*: LPFragomeni@gmail.com

*Autor correspondente



This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License.

RESUMO

O Sistema Aquífero Serra Geral (SASG) é caracterizado por aquíferos fraturados, nos quais, a depender da região, os poços irão apresentar diferentes graus de produtividade, bem como mais de uma entrada de água (E.A.). Em função destas características, foi realizado esse estudo na área abrangida pelo município de Passo Fundo, que está situado numa região de maior favorabilidade a ocorrência de aquíferos fraturados. Para esse estudo foram analisados dados geológicos e construtivos (profundidade do poço, litologias, entradas de água e espessura do manto de alteração), bem como hidrogeológicos (nível estático, vazão de estabilização e vazão específica/capacidade específica), que foram obtidos de perfis construtivos dos poços, boletins de perfuração e de ensaios de bombeamento. Os resultados permitiram identificar a ocorrência de poços com produtividade moderada a alta, apresentando vazões de estabilização superiores a 25 m³/h em 17% dos casos e vazões específicas/capacidades específicas maiores que 1 m³/h/m em 32% dos poços. As E.A. identificadas estão localizadas principalmente no intervalo de 25 a 100 m de profundidade, indicando uma tendência de aumento de vazão com a profundidade de ocorrência da E.A. Além disso foi possível identificar que o intervalo de 550 a 620 m de altitude há ocorrência de maior quantidade de E.A. que estão associadas a poços de maior produtividade (> 20 m³/h). Não foi observada uma correlação forte entre a espessura do manto de alteração com os parâmetros vazão de estabilização ou vazão específica/capacidade específica. No entanto, foi possível identificar regiões onde há ocorrência de poços de maior produtividade, sendo que essa produtividade é influenciada pelos lineamentos e pelas E.A.

Palavras-chave: Aquíferos fraturados; Fraturas; Produção de poços; Condicionantes, SASG.

ABSTRACT

ANALYSIS OF WATER INFLOWS AND THEIR RELATIONSHIP WITH THE PRODUCTIVITY OF TUBULAR WELLS THAT CAPTURE WATER FROM

THE SERRA GERAL AQUIFER SYSTEM IN THE MUNICIPALITY OF PASSO FUNDO (RS). The Serra Geral Aquifer System (SGAS) is characterized by fractured aquifers in which well productivity varies spatially, with wells commonly presenting different degrees of yield as well as multiple water inputs (W.I.). Therefore, this study was conducted in the area encompassed by the municipality of Passo Fundo, which is located in a region more favorable to the occurrence of fractured aquifers. For this study, geological and construction data (well depth, lithologies, water inputs and weathering mantle thickness), as well as hydrogeological data (static level, stabilization flow rate and specific flow rate/specific capacity), were analysed. These data were obtained from well construction logs and drilling and pumping test reports. The results indicate the occurrence of wells with moderate to high productivity, with 17% presenting stabilization flow rates greater than 25 m³/h and 32% showing specific flow rate/specific capacities higher than 1 m³/h/m. Water inputs are predominantly concentrated at depths between 25 and 100 m, suggesting a slight increase in flow rate with increasing depth of W.I. occurrence. The identified W.I. are located mainly in the range of 25 to 100 m depth, indicating a tendency for flow rate to increase with the depth of occurrence of the W.I. Furthermore, it was possible to identify that the range of 550 to 620 m altitude has a greater quantity of W.I. associated with wells of higher productivity (> 20 m³/h). No strong correlation was observed between the thickness of the weathering mantle and the stabilization flow rate or specific flow rate/specific capacity parameters. However, it was possible to identify regions where wells with higher productivity are influenced by lineaments and W.I.

Keywords: Fractured aquifers; Fractures; Well production; Conditioning factors; SGAS.

RESUMEN

ANÁLISIS DE LOS APORTES DE AGUA Y SU RELACIÓN CON LA PRODUCTIVIDAD DE LOS POZOS TUBULARES QUE CAPTAN AGUA DEL SISTEMA ACUÍFERO DE LA SERRA GERAL EN EL MUNICIPIO DE PASSO FUNDO (RS). El Sistema Acuífero Serra Geral (SAG) se caracteriza por acuíferos fracturados, en los que, según la región, los pozos presentan distintos grados de productividad, así como más de un aporte de agua (EA). Debido a estas características, este estudio se realizó en el área que abarca el municipio de Passo Fundo, ubicado en una región más favorable para la ocurrencia de acuíferos fracturados. Para este estudio, se analizaron datos geológicos y de construcción (profundidad del pozo, litologías, aportes de agua y espesor del manto de meteorización), así como datos hidrogeológicos (nivel estático, caudal de estabilización y caudal específico/capacidad específica). Estos datos se obtuvieron de los registros de construcción de pozos, informes de perforación y pruebas de bombeo. Los resultados permitieron identificar pozos con productividad moderada a alta, presentando caudales de estabilización superiores a 25 m³/h en el 17% de los casos y caudales específicos/capacidades específicas superiores a 1 m³/h/m en el 32% de los pozos. Las rocas de alteración identificadas se localizan principalmente entre los 25 y 100 m de profundidad, lo que indica una tendencia al aumento del caudal con la profundidad de aparición de las rocas de alteración. Además, se observó que el rango de altitud de 550 a 620 m presenta una mayor cantidad de rocas de alteración asociadas a pozos de mayor productividad (> 20 m³/h). No se detectó una correlación significativa entre el espesor del manto de alteración y el caudal de estabilización o los parámetros de caudal específico/capacidad específica. Sin embargo, se identificaron regiones donde se encuentran pozos de mayor productividad, la cual se ve influenciada por lineamientos y rocas de alteración.

Palabras clave: Acuíferos fracturados; Fracturas; Producción de pozos; Factores condicionantes; SASG.

1 INTRODUÇÃO

O Sistema Aquífero Serra Geral (SASG) constitui um dos principais sistemas aquíferos do Estado do Rio Grande do Sul. Conforme Viero et al. (2021), o Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS/SGB-CPRM) registra mais de 13.000 poços tubulares cadastrados que captam água do SASG, com um volume anual estimado de exploração da ordem de 1,02 bilhão de metros cúbicos.

Segundo o Mapa Hidrogeológico do Estado do RS (Machado & Freitas, 2005), na região abrangida pelo município de Passo Fundo há ocorrência de aquíferos fraturados que fazem parte do Sistema Aquífero Serra Geral (SASG). De acordo com Fragomeni et al. (2006), as águas subterrâneas dessa região têm grande importância estratégica, uma vez que são utilizadas no abastecimento público e doméstico, bem como para o desenvolvimento de atividades comerciais e industriais.

O estudo desenvolvido por Lisboa e Reginato (2021) avaliou áreas mais favoráveis à ocorrência e à captação de aquíferos fraturados do SASG no estado do Rio Grande do Sul, indicando que as regiões do Planalto Médio e do Planalto dos Campos Gerais seriam as regiões mais favoráveis. Posteriormente, Lisboa et al. (2022) e Lisboa et al. (2025) realizaram estudos que investigaram o potencial de ocorrência de água subterrânea associado a morfoestruturas anelares identificadas nas rochas vulcânicas do Grupo Serra Geral (Rosetti et al., 2018). O estudo demonstrou que essas estruturas são expressas por blocos estruturais altos ou baixos, que em função da maior erosão ocorrida nos seus vértices, apresentam-se como morfoestruturas anelares, com padrões de drenagem radial centrífugo ou centripeto e anelar. Esta configuração geomorfológica e estrutural tem influência direta na recarga, circulação e armazenamento da água subterrânea, bem como na produtividade dos poços.

De acordo com Reginato (2003), no SASG há ocorrência de dois tipos de aquíferos: o granular (livre ou freático) e o fraturado. O primeiro aquífero fornece volumes reduzidos de água, sendo mais utilizado pela população rural, que capta suas águas através de poços escavados. Já o aquífero fraturado está localizado na sequência de rochas vulcânicas do Grupo Serra Geral, sendo que a estruturação dos derrames das Formações Torres, Vale do Sol e Palmas tem influência na formação e circulação de água subterrânea. Segundo Rossetti et al. (2018) as formações Torres e Vale do Sol, caracterizadas por

derrames de rochas basálticas e andesíticas, apresentam camadas vesiculares que podem ocorrer na base e no topo dos derrames. Já a Formação Palmas é caracterizada pela ocorrência de dacitos, riolitos, riolitos e obsidianas, em derrames que apresentam terminações lobadas, foliação de fluxo, bolsas de autobrecha e camadas vesiculares.

O principal condicionante dos aquíferos fraturados é a estruturação tectônica, mas as estruturas de resfriamento que estão associadas aos diferentes pacotes de rochas vulcânicas das Formações Torres, Vale do Sol e Palmas, bem como os contatos entre os derrames básicos, intermediários e ácidos dessas formações geológicas, também constituem condicionantes importantes desses aquíferos. Segundo Reginato et al. (2014), as disjunções horizontais (comuns nos derrames ácidos da Formação Palmas) e o contato entre derrames básicos associadas às estruturas tectônicas sub-verticais, são as principais estruturas responsáveis pela circulação de água. No estudo desenvolvido por Sanferari et al. (2022), os contatos entre derrames de rochas básicas (Formação Torres e Vale do Sol) e ácidas (Formação Palmas) apresentam diferentes características, sendo que os mesmos consistem em meios que favorecem a circulação e o armazenamento de água subterrânea, além de terem reflexo na produtividade dos poços. Para Viero et al. (2021), a circulação da água ocorre de forma diferenciada nos derrames básicos e ácidos, sendo que as principais estruturas que condicionam esse fluxo são as zonas vesiculares e amigdaloides, de brechas vulcânicas, de disjunções horizontais e verticais, bem como os contatos entre derrames.

Assim, a formação e circulação da água subterrânea é condicionada pela estruturação tectônica (presença de fraturas e zonas de fraturas) e, em segundo plano, pela existência de estruturas de resfriamento das rochas vulcânicas. Como há diferentes tipos de estruturas tectônicas, bem como de resfriamento (associadas a vários derrames de lavas), os poços tubulares perfurados no SASG podem interceptar uma ou mais de uma estrutura, que é registrada nos boletins de perfuração e perfis geológicos como entradas de água (E.A.).

No Sistema Aquífero Serra Geral (SASG) ocorrem poços tubulares com capacidade de produção moderada a alta. No estudo realizado por Reginato et al. (2023) na região nordeste do Estado do Rio Grande do Sul, foi identificada a ocorrência de poços com produtividade enquadrada nas classes 2 (moderada: 25 a 50 m³/h) e 3 (alta: 50 a 100

m³/h), conforme a classificação proposta por Diniz et al. (2014).

Os poços classificados como de produtividade moderada apresentaram vazões médias de 33,53 m³/h e níveis estáticos rasos, variando entre 0 e 10 m. Por sua vez, os poços de alta produtividade exibiram vazões médias de 61,84 m³/h e níveis estáticos situados entre 5 e 25 m.

Em ambas as classes, os poços apresentaram um predomínio de 1 a 2 E.A., que estavam localizadas principalmente entre 25 e 100 m e associadas às estruturas tectônicas, de resfriamento e de contato entre derrames.

Como o município de Passo Fundo está inserido na região do Planalto Médio (área mais favorável a ocorrência de aquíferos fraturados, segundo Lisboa e Reginato, 2021) foi realizado esse estudo hidrogeológico, que teve por objetivo identificar e caracterizar as E.A. com relação a quantidade, profundidade de ocorrência, litologia e vazão associada. Além disso foi feita a avaliação da produtividade dos poços tubulares que captam água do SASG na região e sua correlação com dados das E.A e espessura do manto de alteração.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

A avaliação hidrogeológica foi realizada com base na análise de dados de 150 poços tubulares, que foram obtidos do SIAGAS/SGB-CPRM e da CORSAN (Companhia Riograndense de Saneamento), localizados no município de Passo Fundo (Figura 1).

Foram analisados dados geológicos e hidrogeológicos que estavam disponíveis no SIAGAS, bem como foram feitas interpretações a partir dos perfis geológico e construtivos dos poços. Também foram avaliados os boletins de perfuração e relatórios de ensaios de bombeamento dos poços tubulares da CORSAN. Os dados analisados consistiram de profundidade dos poços, nível estático, E.A. (quantidade e profundidade de ocorrência), vazão de estabilização e vazão específica/capacidade específica. A vazão de estabilização considerada foi a vazão obtida em teste e não a vazão de projeto do poço, sendo a mesma identificada nos relatórios de ensaios de bombeamento.

Para os poços que continham informação sobre E.A., foram avaliadas as litologias associadas, bem como a ocorrência de feições geológicas que poderiam indicar ocorrência ou proximidade de contatos de derrames, como por exemplo zonas vesiculares a amigdaloides, brechas vulcânicas

ou ocorrência de rochas alteradas ou intemperizadas (Licht & Arioli, 2020). Além disso, para os poços da CORSAN que tinham informação das E.A. e do boletim de perfuração, foram identificados e avaliados os dados de vazão estimada (em campo, quando da perfuração dos poços) para cada E.A.

Os dados foram avaliados por intermédio de análises estatísticas descritivas, com o intuito de se determinar valores máximos, mínimos, média, mediana e desvio padrão para os principais parâmetros analisados. Também foram gerados gráficos para representação dos dados de diferentes parâmetros, por meio do uso do programa Excel.

Para avaliação da produtividade dos poços foram analisados os dados de vazão de estabilização e vazão específica/capacidade específica, que foram agrupados nas classes de produtividade (Tabela 1) definida por Diniz et al. (2014). Com base nesses dados foram gerados gráficos com uso de Excel para representar as diferentes classes encontradas.

Por fim foi feita uma avaliação de uma região com ocorrência de poços de moderada a alta produtividade, para identificar a relação entre as E.A. identificadas nesses poços e as produtividades dos poços. Na região de ocorrência desses poços foi feita a identificação e traçado de lineamentos, representados por morfoestruturas negativas associadas a talwegues/vales com drenagens orientadas, seguindo a metodologia proposta por Lisboa e Reginato (2021). Para o relevo foram utilizadas imagens do modelo numérico de terreno (MNT) elaborados pela Embrapa com base em dados SRTM. Para a hidrografia foi utilizada a base cartográfica disponibilizada pela Secretaria de Meio Ambiente e Infraestrutura do estado do Rio Grande do Sul. Também foram utilizadas as cartas topográficas em escala 1:50.000 elaboradas pelo Exército e disponíveis no BDGEx (Banco de Dados Geográficos do Exército).

3 RESULTADOS

3.1 Caracterização hidrogeológica

Os resultados da análise estatística dos parâmetros profundidade dos poços, nível estático, vazão específica/capacidade específica e vazão de estabilização são apresentados na Tabela 2.

A partir da análise da Tabela 2 é possível observar que os poços apresentam profundidades variáveis com média e mediana próximo dos 100 m,

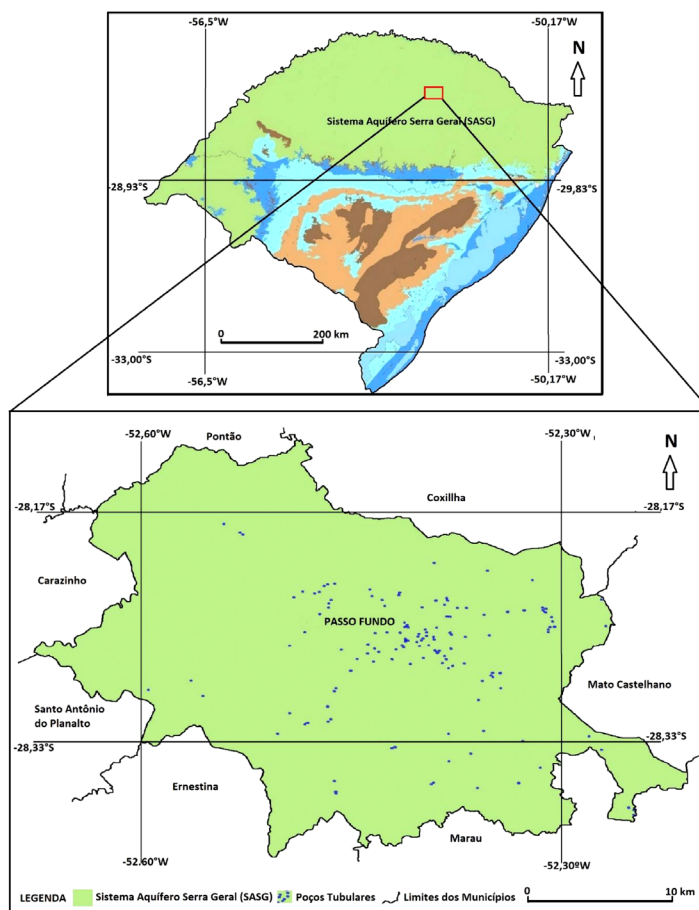


FIGURA 1 – Mapa de localização do Município de Passo Fundo com a distribuição dos poços tubulares que estão cadastrados no SIAGAS/SGB-CPRM.

FIGURE 1 – Location of the municipality of Passo Fundo and the spatial distribution of tubular wells registered in SIAGAS/SGB-CPRM.

TABELA 1 – Classes de produtividade de poços. Fonte: adaptado de Diniz et al. (2014).

TABLE 1 – Productivity classes of wells. Source: adapted from Diniz et al. (2014).

<i>Vazão específica/capacidade específica (Q/s) - (m³/h/m)</i>	<i>Vazão de Estabilização (Q) - (m³/h)</i>	<i>Produtividade, Classes e Aplicações</i>
≥ 4,0	≥ 100	Muito Alta (Classe 1) – fornecimento de água de importância regional (abastecimento de cidades e grandes irrigações).
2,0 a 4,0	50 e 100	Alta (Classe 2) – também de importância regional e dentro da média nacional de bons aquíferos.
1,0 a 2,0	25 a 50	Moderada (Classe 3) – importância para abastecimento locais em pequenas comunidades e irrigação em áreas restritas.
0,4 a 1,0	10 a 25	Geralmente baixa, mas localmente moderada (Classe 4) – importância para fornecimentos de água para comunidades ou consumo privado.
0,04 a 0,4	1 a 10	Geralmente muito baixa a localmente baixa (Classe 5) – dificuldade para manter fornecimentos contínuos de água.
<0,04	<1	Pouco Produtiva ou Não Aquífera (Classe 6). Indica abastecimentos restritos e fornecimentos insignificantes de água

TABELA 2 – Resultados da análise estatística dos parâmetros analisados e número de amostras de cada parâmetro.

TABLE 2 – Results of the statistical analysis of the parameters analyzed and the number of samples for each parameter.

	<i>Profundidade (m)</i>	<i>Nível Estático (m)</i>	<i>Vazão específica/capacidade específica (m³/h/m)</i>	<i>Vazão (m³/h)</i>
<i>Nº de Dados</i>	149,000	134,000	101,000	134,000
<i>Máximo</i>	302,000	129,000	9,296	67,140
<i>Mínimo</i>	15,000	0,700	0,001	0,100
<i>Média</i>	107,056	24,979	1,404	13,325
<i>Mediana</i>	100,000	22,500	0,711	7,200
<i>Desvio Padrão</i>	44,219	19,325	1,741	14,023

mas há ocorrência de poços com profundidade superior a 150 m (máximo de 302 m).

Os níveis estáticos são também variáveis, com o predomínio de profundidades inferiores a 25 m, indicando que as águas subterrâneas que circulam pelas fraturas estão sob confinamento, por isso os níveis de água ocorrem acima das E.A. identificadas nos poços.

No caso da vazão específica/capacidade específica é possível notar uma variação mais expressiva nos valores tanto máximos como mínimos, por isso há diferenças nos resultados obtidos para média (1,404 m³/h/m) e mediana (0,711 m³/h/m) que são corroborados pelo valor do desvio padrão de 1,741.

Esse comportamento também se repete para os dados de vazão de estabilização, sendo que há também diferenças e variações de amplitude para os valores encontrados para média (13,325 m³/h) e mediana (7,2 m³/h), refletindo num valor de 14,023 para o desvio padrão.

Assim, para esses dois últimos parâmetros a mediana passaria a representar melhor as características hidrogeológicas da região.

Os resultados obtidos para a região de estudo são próximos dos valores apresentados no trabalho de Viero et.al. (2021) que caracterizou a produtividade do SASG nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. No estudo desenvolvido por esses autores foram encontrados valores de profundidade média entre 110 e 132 m, níveis estáticos localizados na sua maioria entre 0 e 20 m, valores médios de vazão específica/capacidades específicas variando entre 0,36 e 1,81 m³/h/m e vazões de estabilização médias entre 6,8 e 17 m³/h. Os autores interpretaram que a variação da média nos parâmetros de produtividade dos poços está diretamente relacionada com a variação regional do grau de estruturação geológica do SASG.

Assim, considerando os dados obtidos para a região de Passo Fundo, pode-se dizer que a mesma apresenta poços com boa capacidade de produção, visto que os dados médios de vazão de estabilização e vazão específica/capacidade específica foram mais elevados e próximos das médias mais altas encontradas no estudo de Viero et al. (2021). Isso corrobora o estudo desenvolvido por Lisboa e Reginato (2021) que definiu a região do Planalto Médio, local onde está inserido o município de Passo Fundo, como uma região de maior potencial para ocorrência de aquíferos fraturados e poços com maior capacidade de produção.

3.2 Avaliação de Entradas de Água (E.A.)

A quantidade de E.A. interceptadas pelos poços é variável, sendo que a mesma oscilou entre 1 até 8 E.A. (Figura 2).

Esse resultado é esperado, pois as E.A. podem estar associadas às fraturas tectônicas com atitude diferente da vertical, às estruturas de resfriamento das rochas vulcânicas, bem como ao conta-

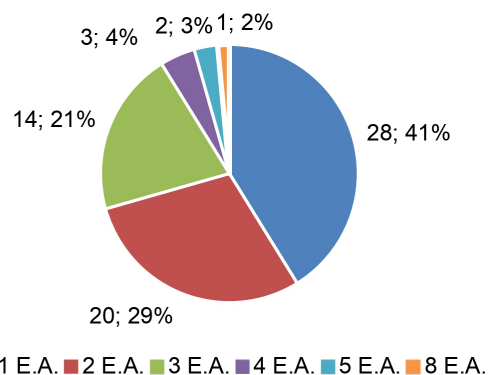


FIGURA 2 – Quantidade de E.A. interceptadas pelos poços tubulares.

FIGURE 2 – Amount of W.I intercepted by the tubular wells.

to de derrames. Assim, dependendo da região onde foi perfurado o poço, bem como da profundidade do mesmo, haverá maior quantidade de estruturas que poderão ser interceptadas pelos poços.

Os resultados indicam, entretanto, que é mais comum a ocorrência de poços com 1 a 2 E.A. principais. Ressalta-se que esse padrão é diretamente condicionado pela qualidade e pelo nível de detalhamento das informações registradas nos perfis geológicos e construtivos e nos boletins de perfuração dos poços. É provável que existam poços que possuam E.A. adicionais que não foram descritas ou registradas quando da realização da perfuração desses poços.

No estudo desenvolvido por Mancuso e Santos (2021) foi identificado que poços que interceptam lineamentos de maior porte tendem a apresentar mais de uma E.A., bem como níveis estáticos menos profundos, maior vazão específica/capacidade específica e vazão de estabilização. Isso é possível de ocorrer, pois esses lineamentos de maior porte acabam por interceptar vários derrames e favorecer a conexão com as estruturas de resfriamento, promovendo a ocorrência de mais de uma E.A.

A profundidade de ocorrência das E.A. foi avaliada primeiramente com base na estatística descritiva e depois com base em intervalos de profundidade de ocorrência. Os resultados são apresentados na Tabela 3 e Figura 3.

Os dados indicam que as E.A. ocorrem tanto em níveis mais rasos (inferior a 25 m), como em grandes profundidades (> 150 m). No entanto analisando os valores de média e mediana se observa que os mesmos estão situados entre 75,58 m e 70,00 m, respectivamente. Se analisarmos os intervalos de profundidade se observa que a maior quantidade de E.A. (39) está situada no intervalo de profundidade entre 50 e 75 m. No entanto se avaliarmos o intervalo de 25 até 100 m de profundidade pode-se perceber que há ocorrência de uma maior quantidade de E.A. (99), que corresponde a 71,22% dos dados analisados. Se avaliarmos o intervalo de 25 até 75 m pode-se identificar 71 E.A., perfazendo um total de 51,08% dos dados. Isso indicaria que o intervalo de 25 a 100 m de profundi-

TABELA 3 – Dados estatísticos da profundidade (m) das E.A.

TABLE 3 – Statistical data on the depth (m) of the W.I.

Máximo	Mínimo	Média	Mediana	Desvio Padrão
230	8	75,58	70,0	38,68

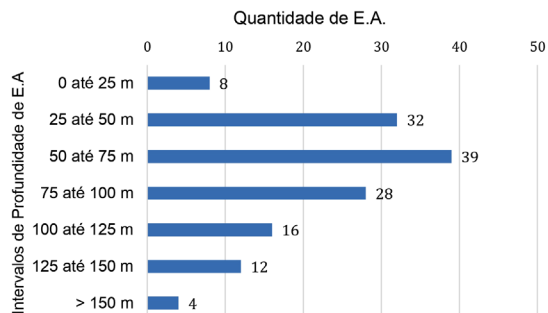


FIGURA 3 – Intervalos de profundidade de ocorrência de E.A.

FIGURE 3 – Depth intervals of occurrence of W.I.

dade seria o intervalo de ocorrência da maior quantidade de estruturas abertas, responsáveis pelo acúmulo e circulação da água subterrânea.

De acordo com os resultados apresentados por Freitas et al. (2012) foi identificado que para a região noroeste do estado do RS a maioria das E.A. ocorrem em profundidades inferiores a 120 m, tendo o valor de 76,86 m de média e 66 m de mediana. Já Reginato et al. (2023) verificaram que os poços de maior produtividade do SASG tendem a apresentar mais de uma E.A. localizada entre 25 e 100 m de profundidade, que corresponde ao mesmo intervalo identificado nesse estudo.

Para avaliar a relação entre a quantidade de E.A. e a produtividade dos poços, foram gerados gráficos de dispersão cruzando os dados de número de E.A. com os parâmetros vazão de estabilização (m^3/h) e vazão específica/capacidade específica ($m^3/h/m$). Os gráficos são apresentados na Figura 4.

A partir da análise dos gráficos da Figura 4 não foi possível identificar a correlação entre o número de E.A. e os valores de vazão de estabilização ou vazão específica/capacidade específica, pois para cada quantidade de E.A. há ocorrência tanto de valores baixos como altos de vazão ou capacidade específica. No entanto, fica evidenciado que não é a quantidade de E.A. que define a capacidade de produção do poço, mas sim os tipos de estruturas, grau de faturamento e conectividade entre as estruturas, conforme avaliado no trabalho de Mancuso e Santos (2021).

Com base nos boletins de perfuração dos poços da CORSAN, onde foram estimadas e registradas as vazões após a identificação de E.A. durante a perfuração, foi possível avaliar a relação entre a profundidade de ocorrência da E.A. e o aumento da vazão. Os dados são apresentados na Tabela 4.

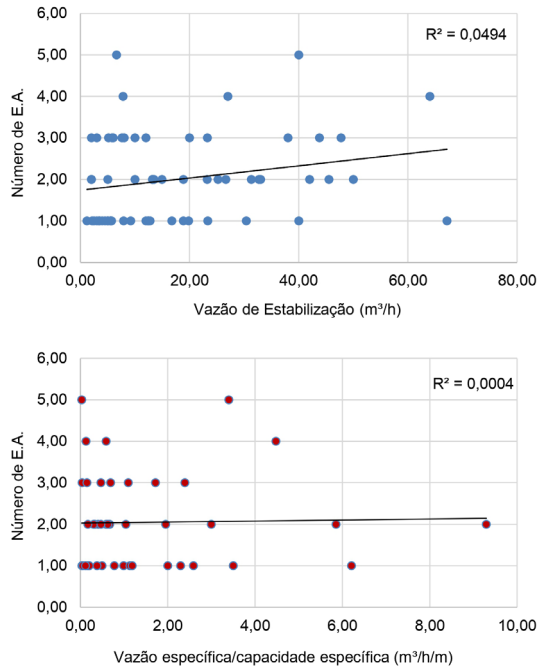


FIGURA 4 – Gráficos de dispersão do número de E.A. com a vazão de estabilização (m³/h) e vazão específica/capacidade específica (m³/h/m).

FIGURE 4 – Scatterplot of the number of W.I. with the stabilization flow rate (m³/h) and specific flow rate/specific capacity (m³/h/m).

Para avaliar a existência de correlação entre a profundidade e altitudes das E.A. com a vazão foram gerados gráficos de dispersão que são apresentados na Figura 5. Analisando o gráfico da profundidade pela vazão da E.A. se observa uma correlação muito fraca ($R^2=0,1285$) pois tanto em faixas de profundidade mais baixas (entre 20 e 40 m), como em maiores profundidades (100 a 140 m), há ocorrência de diferentes valores de vazão. No entanto, se observa que poços com vazões acima de 40 m³/h apresentam pelo menos uma E.A. localizada entre 100 e 140 m. Essa relação também foi observada no trabalho desenvolvido por Abreu et al. (2024) que demonstrou para a região nordeste do estado do RS onde há também ocorrência do SASG, que há uma tendência de aumento das vazões a medida que há ocorrência de E.A entre 68 e 104 m.

Em contrapartida, quando avaliado a correlação entre altitudes das E.A. (calculadas com base na altitude do terreno menos a profundidade da E.A.) e as vazões (Figura 5), se observa uma correlação moderada ($R^2=0,4811$), indicando que E.A localizadas em altitudes menores tendem a estar as-

TABELA 4 – Dados de profundidade das E.A. e da vazão associada a cada nova entrada de água identificada nos poços da CORSAN.

TABLE 4 – Depth data of the W.I points and the flow rate associated with each new water intake identified in CORSAN’s wells.

Poço	Altitude do Terreno (m)	E.A. (Profundidade - m)	E.A. (Altitude - m)	Vazão (m³/h)
PFU02	690	96	597	7,92
		100	590	25,27
PFU03	725	64	661	9,21
		123	602	20,38
PFU05	685	80	605	1,69
		124	561	20,4
PFU06	719	91	628	7,92
PFU07	652	34	618	9,2
		70	582	20,38
PFU08	716	138	578	12,42
PFU09	635	8	627	12,42
		24	611	25,27
		39	596	30,78
		114	521	43,85
PFU10	623	34	589	16,2
PFU12	630	60	570	12,42
PFU14	661	42	619	9,21
		50	611	25,27
PFU15	692	36	656	5,0
		69	623	9,0
		141	551	30,0
PFU16	690	81	609	12,42
		134	556	30,78
PFU17	695	74	621	67,0
PFU18	694	65	629	9,2
		80	614	20,38
		133	561	43,85
PFU19	695	65	630	10,8
		82	613	20,0
		120	575	45,0

sociadas a maiores vazões. A ocorrência de maiores vazões associadas a intervalos de altitudes específicos, podem estar associadas a ocorrência de contatos de derrames como observado por Sanferari et al. (2022), que identificou que o intervalo de ocorrência de E.A. entre 550 e 650 m está associado a poços que apresentam maior produtividade.

Visando avaliar melhor a relação entre a profundidade de ocorrência da E.A e o aumento da vazão foram selecionados os poços da Tabela 4 que apresentavam duas ou mais E.A., sendo gerado o gráfico apresentado na Figura 6. Com base na análise desse gráfico fica claro que em todos os po-

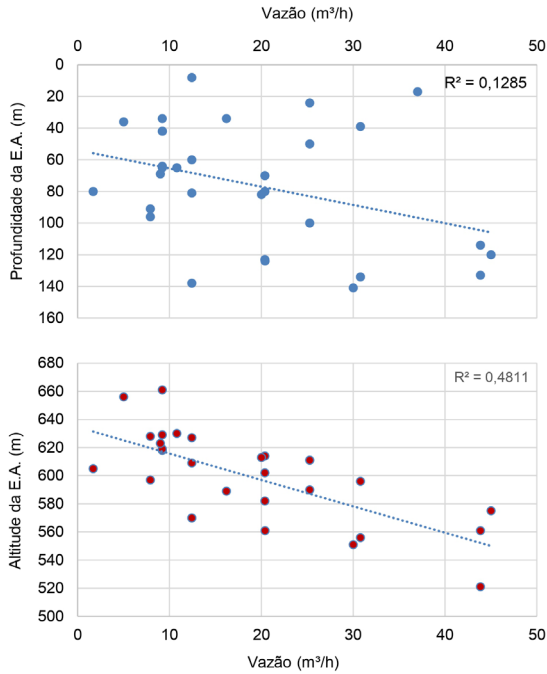


FIGURA 5 – Gráficos de dispersão da profundidade e altitude da E.A. com a vazão (m³/h) associada a cada nova entrada de água identificada no poço.

FIGURE 5 – Scatterplot of the depth and altitude of the W.I with the flow rate (m³/h) associated with each new water inlet identified in the well.

ços houve incremento de vazão com o surgimento de nova E.A. interceptada pelo poço e que estava localizada em maior profundidade. Esse incremento na vazão é variável de poço para poço, mas pode-se visualizar um incremento maior da vazão em poços com E.A. localizadas em maior profundidade. Isso também foi observado no trabalho de Abreu et al. (2025) para poços que apresentaram duas E.A., localizados na região nordeste do estado do RS. Nesse estudo foi identificado que a maioria dos poços analisados apresentou um incremento de vazão da primeira para segunda E.A.

A avaliação sobre a litologia e as E.A., indicou que as mesmas estão associadas a basaltos que apresentam diferentes características e estruturas. No entanto a descrição litológica disponível é sucinta para a maioria dos poços, sendo caracterizada pela descrição exclusiva do nome da rocha. No entanto os perfis geológicos dos poços perfurados pela CORSAN, apresentam mais detalhes permitindo avaliar feições que poderiam ser indicativas de ocorrência de contatos de derrames. Ao todo foram identificados dados de descrição da litologia em 63 poços, sendo que em 19 poços foi possível avaliar a ocorrência de estruturas que poderiam identificar proximidade ou ocorrência de contatos de derrames. Nesse caso foram consideradas ocorrência de brechas, rochas alteradas, rochas vesicu-

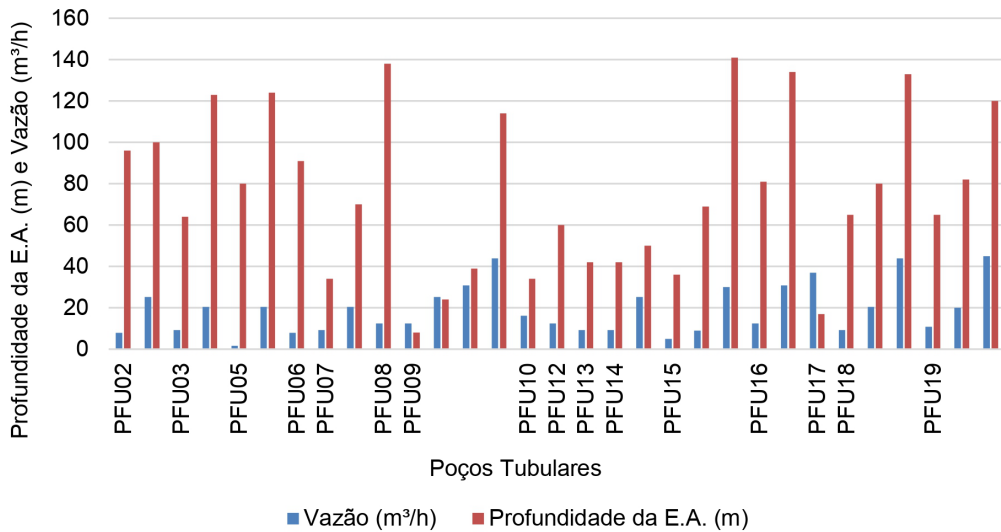


FIGURA 6 – Gráfico com a relação entre a profundidade da E.A. e a vazão, bem como o incremento do aumento da vazão para cada nova E.A. identificada no poço.

FIGURE 6 – Graph showing the relationship between the depth of the W.I and the flow rate, as well as the increase in flow rate for each new W.I identified in the well.

lares a amigdaloides como indicativas desses contatos e que estavam associadas a E.A.

A ocorrência de E.A. associadas a essas litologias e sua relação com a produtividade do poço também foi evidenciada no estudo desenvolvido por Peterlini et al. (2020). Os autores identificaram uma correlação positiva entre a produtividade dos poços com a presença de zonas vesiculares a amigdalóides que estão fraturadas, demonstrando que essas zonas que ficam próximas a contato de derrames têm influência nos processos de circulação e armazenamento, bem como produtividade dos poços. No estudo de Sanferari et al. (2022) foi evidenciada a importância dos contatos de derrames como responsáveis pela ocorrência de E.A. e produtividade dos poços.

3.3 Análise da produtividade dos poços

Os resultados obtidos com a análise da produtividade dos poços com base nos dados de vazão de estabilização e vazão específica/capacidade específica são apresentados nas Figuras 7 e 8.

Com base nos dados de vazão de estabilização é possível observar que a maioria dos poços são da classe 5 (baixa – 1 até 10 m³/h) e classe 4 (baixa a moderada – 10 a 25 m³/h). No entanto há ocorrência de poços com moderada (25 a 50 m³/h - 14%) a alta produtividade (50 a 100 m³/h - 3%), indicando que na região existem poços com maior capacidade de produção.

Já analisando os dados de vazão específica/capacidade específica se observa uma mudança na distribuição das classes. As classes 5 (baixa – 0,04 até 0,4 m³/h/m) e 4 (baixa a moderada – 0,4 a 1 m³/h/m) continuam como as principais, perfazendo cerca de 54% dos poços. No entanto há um aumento da quantidade de poços associados às classes moderada (1 até 2 m³/h/m) e alta (2 até 4 m³/h/m), totalizando 17% dos poços. Também há ocorrência de um poço da classe muito alta (> 4,0 m³/h/m).

A existência dessas classes de produtividade também foi observada no estudo desenvolvido por Reginato et al. (2023) para a região nordeste do estado do RS. Os autores identificaram a ocorrência de poços de produtividade moderada com vazão de estabilização média de 33,53 m³/h e de uma parcela de alta produtividade, com vazões de estabilização médias de 61,84 m³/h.

Essa diferença entre a distribuição das classes é esperada quando se utilizam esses dois parâmetros, visto que o dado de vazão informado pode ser um dado de vazão de projeto, ou de vazão testada nos ensaios de bombeamento, ou vazão de ou-

torga, portanto, pode ter mais variações. O dado de vazão específica/capacidade específica é determinado nos ensaios de bombeamento, sendo que se todos os ensaios foram realizados segundo as normas (24 horas de bombeamento), o valor desse parâmetro seria o valor mais correto para ser utilizado na avaliação da capacidade de produção dos poços.

É relevante destacar que os resultados demonstram a ocorrência de poços que apresentam maior produtividade e podem ser utilizados para atender a demanda crescente por recursos hídricos, seja para o abastecimento como para o desenvolvimento de atividades industriais, comerciais e agrícolas.

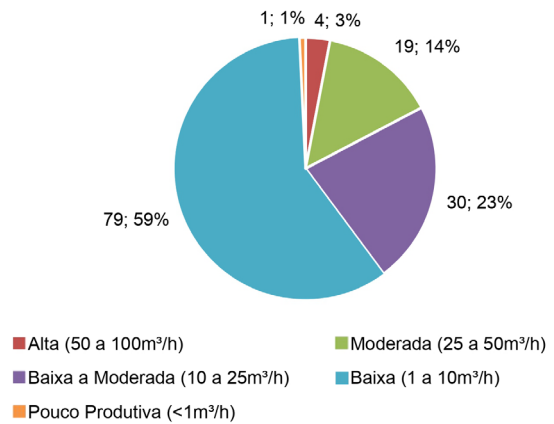


FIGURA 7 – Classes de produtividade dos poços com base na vazão de estabilização.

FIGURE 7 – Productivity classes of wells based on stabilization flow rate.

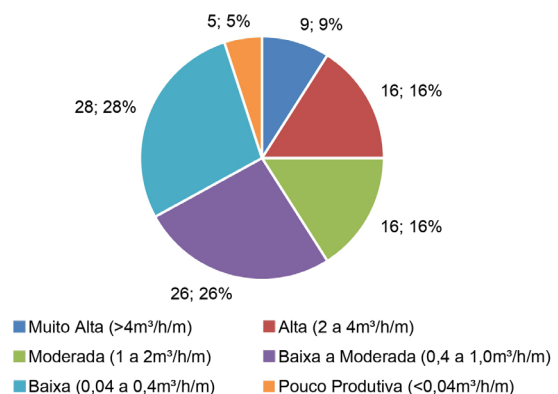


FIGURA 8 – Classes de produtividade dos poços com base no parâmetro vazão específica/capacidade específica.

FIGURE 8 – Productivity classes of wells based on specific flow rate/specific capacity (m³/h/m).

Também foi feita uma avaliação sobre a relação entre espessura do manto de alteração existente sobre as rochas e a produtividade dos poços. A espessura do manto de alteração é considerada por muitos pesquisadores com um fator condicionante da ocorrência de aquíferos fraturados e produtividade dos poços (Lisboa & Reginato, 2021; Reginato & Strieder, 2006a). No estudo desenvolvido por Peterlini et al. (2020) foi identificada que a vazão dos poços é influenciada pelas estruturas, mas também pela espessura dos solos. Já no estudo desenvolvido por Nery et al. (2024) os autores identificaram que a maior vazão específica/capacidade específica encontrada na área de estudo estava relacionada com poços que interceptaram rochas vulcânicas da Fácies Paranapanema e solos com espessura intermediária. No entanto Fernandes (2008) destaca que o manto de intemperismo tem importância para a recarga, mas que análises regionais não tem correlação com a vazão específica/capacidade específica, que é um parâmetro utilizado para a avaliação da produtividade de poços.

Para isso foram identificados dados de espessura do manto de alteração em 43 poços, sendo que os dados estatísticos são apresentados na Tabela 5.

A região apresenta espessuras variáveis, com valores de média e mediana, de 17,42 e 12,00 m respectivamente. Na região há ocorrência de solos mais espessos, em geral, representados por Latossolos (Streck et al., 2008), por isso há uma tendência de serem encontradas maiores espessuras do manto de alteração. No entanto deve-se destacar que essa análise é reflexo dos dados disponibilizados nos perfis geológicos dos poços, sendo que em muitos perfis não há descrição de sedimentos ou solos, o que acaba prejudicando a realização de análises mais detalhadas.

Para avaliar a relação entre a espessura do manto de alteração e a produtividade foram gerados gráficos de dispersão entre espessura do manto e os parâmetros vazão de estabilização e vazão específica/capacidade específica, sendo os mesmos apresentados na Figura 9.

TABELA 5 – Dados Estatísticos da espessura (m) do manto de alteração existente sobre as rochas vulcânicas.

Máximo	Mínimo	Média	Mediana	Desvio Padrão
58	2	17,42	12,00	13,21

A quantidade de dados analisada varia em função do parâmetro de produtividade, sendo que dos 43 poços que tinham dados de espessura do manto de alteração, 41 poços possuíam dados de vazão e 31 poços possuíam dados de vazão específica/capacidade específica.

A análise dos gráficos da Figura 9 indica a inexistência de umnexo causal entre aumento da espessura do manto de alteração com o aumento da vazão de estabilização ou vazão específica/capacidade específica, pois na faixa de espessura de 0 até 10 m há variações de vazões de estabilização entre 1 até 70 m³/h. Além disso pode-se observar que com o aumento da espessura há uma menor ocorrência de poços com maior vazão de estabilização e vazão específica/capacidade específica.

3.4 Avaliação de uma área com ocorrência de poços de maior produtividade

Foi selecionada uma área com ocorrência de 5 poços que estão associados as classes de produtividade moderada a alta e que estão localizados ao longo de uma distância de 1.328 m entre eles, sen-

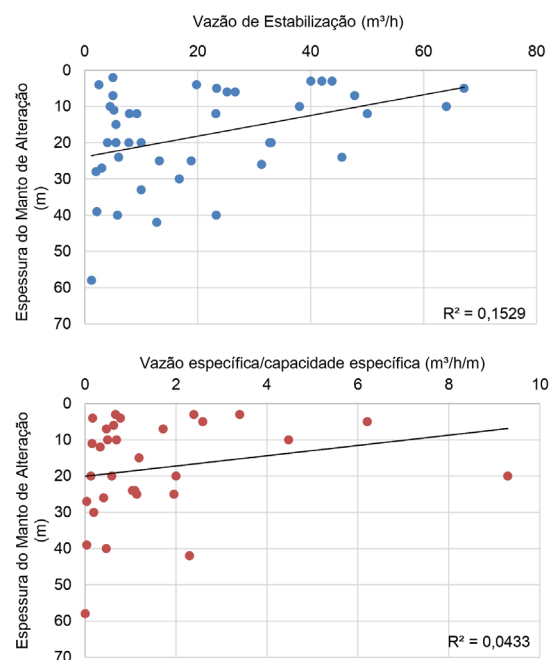


FIGURA 9 – Relação entre a espessura do manto de alteração e as vazões de estabilização e vazão específica/capacidades específicas dos poços.

FIGURE 9 – Relationship between the thickness of the weathering mantle and the stabilization flow rates and specific flow rates/specific capacities of the wells.

do que os dados hidrogeológicos são apresentados na Tabela 6.

Na Figura 10 é apresentada a localização dos poços tubulares, bem como a linha utilizada para a elaboração do perfil hidrogeológico simplificado. Além disso, conforme detalhado no item de materiais e métodos, foram traçados lineamentos (morfoestruturas negativas) que são apresentados nessa figura. Por fim, na Figura 11 é apresentado um perfil hidrogeológico simplificado com a representação de dados hidrogeológicos e das E.A. que foram identificadas quando da perfuração dos poços.

Com base na análise dos lineamentos pode-se observar que na região há ocorrência de morfoestruturas de orientação nordeste, noroeste e leste-oeste. O lineamento principal é nordeste (aproximadamente N20-30E), sendo o mesmo cortado por lineamentos noroeste e leste-oeste. O poço PFU17 está localizado mais próximo ao lineamento nordeste, sendo que o mesmo apresentou a maior vazão de estabilização e vazão específica/capacidade específica de todos os poços, indicando a ocorrência de classe 2 de produtividade, tanto com base no parâmetro de vazão específica/capacidade específica como no de vazão de estabilização. Já os poços PFU18 e PFU16 estão localizados mais próximos de um lineamento de orientação leste-oeste, apresentando vazão de estabiliza-

ção semelhantes, mas vazões específicas/capacidades específicas diferentes.

A relação da orientação de lineamentos e a produtividade dos poços já foi estudada por muitos pesquisadores. No estudo desenvolvido por Mabus (1987) foi identificado que lineamentos de orientação noroeste (N45-55W) e nordeste (N30-40E) estão associados a poços com maior produtividade. No estudo desenvolvido por Reginato e Strieder (2006b) foi identificado que os lineamentos de orientações N30-40W, N50-60W, N20-30E e N40-50E estão associados a poços que apresentam maior capacidade de produção. No trabalho de Nery et al. (2024) foi identificada que as direções ESSE-SE e ENE-E apresentaram maiores valores de vazão específica/capacidade específica (entre 0,92 e 1,41 m³/h/m), seguidas pelas direções NE-ENE e N-NNE (mediana de 0,89 m³/h/m) e W-WNW (0,86 m³/h/m).

Embora a análise da produtividade dos poços tenha sido realizada numa pequena área, as orientações dos lineamentos identificadas e que estão associadas aos poços de maior produtividade, estão de acordo com as direções identificadas em trabalhos realizados em áreas maiores do estado do RS, onde há ocorrência do SASG.

Com base nos dados da Tabela 6 e do perfil hidrogeológico simplificado (Figura 11) pode-se avaliar que a maioria dos poços (exceção do po-

TABELA 6 – Dados de profundidade das E.A. e da vazão associada a cada nova E.A. identificada nos poços da CORSAN.

TABLE 6 – Depth data of the W.I and the flow rate associated with each new W.I identified in CORSAN's wells.

Poço	Profundidade (m)	Altitude do Terreno (m)	E.A. Prof. (m)	E.A. Alt (m)	NE (m)	Vazão por E.A. (m ³ /h)	Vazão específica/capacidade específica e Classe (m ³ /h/m)	Vazão de Bombeamento e Classe (m ³ /h)
PFU15	154	692	36 69 141	656 623 551	8,70	5,00 9,00 30,00	0,69 Classe 4	38,01 Classe 3
PFU16	146	690	81 134	609 556	7,27	12,42 30,78	0,67 Classe 4	41,97 Classe 3
PFU17	112	695	74	621	10,17	67,00	2,59 Classe 2	67,4 Classe 2
PFU18	142	694	65 80 133	629 614 561	17,11	9,20 20,38 43,85	2,39 Classe 2	43,79 Classe 3
PFU19	144	695	65 82 120	630 613 575	11,72	10,80 20,00 45,00	1,72 Classe 3	47,75 Classe 3

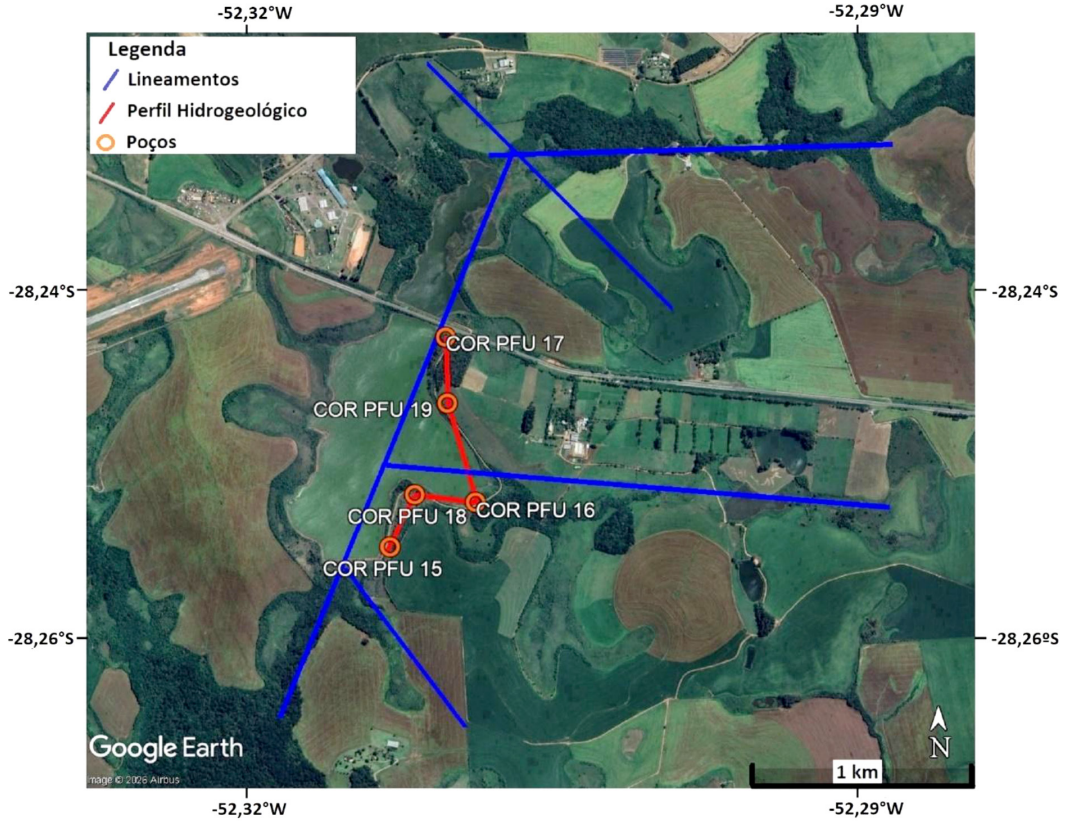


FIGURA 10 – Localização de uma área com ocorrência de poços de maior produtividade.

FIGURE 10 – Location of an área with occurrences of wells with higher productivity.

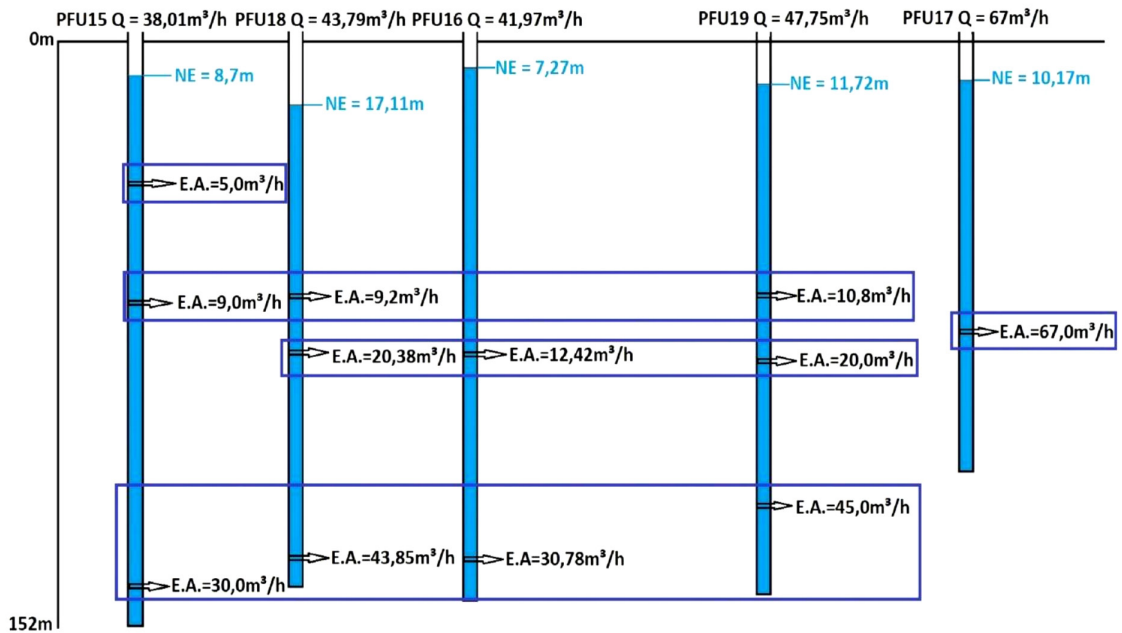


FIGURA 11 – Perfil Hidrogeológico simplificado dos poços tubulares da área de estudo.

FIGURE 11 – Simplified hydrogeological profile of the tubular wells in the study area.

ço PFU17) apresentam mais de uma E.A. (2 a 3), sendo que há um aumento considerável (duas a três vezes) de incremento de vazão da penúltima para a última E.A. As E.A. mais produtivas estão localizadas em profundidades superiores a 100 m (entre 120 e 141 m) na maioria dos poços (exceção do poço PFU17) e em altitudes entre 551 e 575 m. A ocorrência de E.A. em profundidades, mas principalmente em altitudes próximas, podem evidenciar a ocorrência de estruturas principais de conexão, sendo que contatos entre derrames podem ser estruturas que favorecem a conexão e que estão associadas a poços de maior produtividade, como já evidenciado no trabalho de Sanferari et al. (2022). No entanto os perfis geológicos desses poços não possuem descrições detalhadas que possam ser utilizadas para comprovar a ocorrência desses contatos. Os dados de vazão de estabilização e vazão específica/capacidade específica indicam classes de produtividade diferentes para o mesmo poço, sendo que isso já foi evidenciado no item de avaliação da produtividade dos poços.

4 CONCLUSÕES

Esse estudo demonstrou que para a região de Passo Fundo, localizada numa área de ocorrência do SASG e mais favorável a ocorrência de poços produtivos, foram identificados 17% de poços com vazões superiores a 25 m³/h e 32% com vazão específica/capacidade específica superior a 1 m³/h/m, que estão associadas as classes de produtividade moderada a alta.

A análise das características hidrogeológicas e da profundidade das E.A. permitiu a identificação de diferentes padrões. Inicialmente, observa-se que a maioria dos poços apresentam 1 a 2 E.A., que se concentram entre 25 e 100 m de profundidade, indicando que este intervalo corresponde à principal zona de estruturas abertas. No entanto não foi identificada uma correlação entre a quantidade de E.A. e os parâmetros de vazão de estabilização e vazão específica/capacidade específica, que são utilizados para avaliar a produtividade dos poços.

Por outro lado, a análise de dados de vazão associados a profundidade das E.A. permitiu identificar uma correlação fraca entre esses parâmetros, mas demonstrou uma tendência de aumento de vazão com a ocorrência de E.A. em maiores profundidades, em poços que apresentaram mais de uma E.A. Já a correlação entre vazão e altitude da entrada de água permitiu identificar uma melhor relação, sendo que os intervalos de 550 a 620 m há

ocorrência de poços que apresentam vazões acima de 20 m³/h.

Outro ponto importante é que não foi identificada uma correlação entre espessura do manto de alteração e os parâmetros vazão de estabilização e vazão específica/capacidade específica.

Já na análise da região onde há ocorrência de poços de maior produtividade foi possível identificar que a ocorrência de lineamentos de diferentes portes e orientações acabam tendo influência na ocorrência de E.A., bem como na produtividade dos poços.

5 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Serviço Geológico Brasileiro (SGB) e a Companhia Riograndense de Saneamento (CORSAN) pela disponibilização dos dados de poços tubulares. Também agradecem aos editores e revisores da revista pelas orientações e contribuições feitas nas revisões do artigo.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abreu, A. S., Reginato, P. A. R., Vargas, T. C. F. S., & Bortolin, T. A. (2025). Produtividade de Poços Tubulares Caracterizados por duas Entradas de Água, localizados no Sistema Aquífero Serra Geral (SASG) – RS. *Anais do 8º Congresso Internacional de Tecnologia para o Meio Ambiente*, Bento Gonçalves. <http://doi.org/10.18226/9786558075028>
- Abreu, A. S., Reginato, P. A. R., Vargas, T., Carlos F. S., & Bortolin, T. A. (2024). Avaliação das Entradas de Água e Vazões Associados em Poços Tubulares que Captam Água do Sistema Aquífero Serra Geral na Região Nordeste do Estado do Rio Grande do Sul. *Anais do XXIII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas*, São Paulo. <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/281515>
- Diniz, J. A. O., Monteiro, A. B., Silva, R. C., & Paula, T. L. F. (2014). *Manual de cartografia hidrogeológica*. Serviço Geológico do Brasil.
- Fernandes, A. J. (2008). Aquíferos fraturados: uma revisão dos condicionantes geológicos e dos métodos de investigação. *Revista do Instituto Geológico*, 29(1-2), 49–72. <https://doi.org/10.5935/0100-929X.20080005>

- Fragomeni, L. P., Fhynbeen, G. A., & Escosteguy, P. A. V. (2006). Estimativa de Uso da Água dos Poços Tubulares Profundos da Área Urbana de Passo Fundo-RS. *Anais do XIV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas*, Curitiba. <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/22590>
- Freitas, M. A., Binotto, R. B., Nanni, A. S., Rodrigues, A. L. M., & Bortoli, C. R. (2012). Avaliação do potencial hidrogeológico, vulnerabilidade intrínseca e hidroquímica do Sistema Aquífero Serra Geral no Noroeste do RS. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 17(2), 31–41. <http://dx.doi.org/10.21168/rbrh.v17n2.p31-41>
- Licht, O. B., & Arioli, E. A. (2020). A photographic atlas of the architecture, flow geometry and morphology, and facies of Serra Geral Group (Paraná Igneous Province) in the state of Paraná, Brazil. *Boletim Paranaense de Geociências*, 76(1), 1–69. <https://doi.org/10.5380/geo.v76i0>
- Lisboa, N. A., Danni, N., & Reginato, P. A. R. (2022). Prospecção de águas subterrâneas em Morfoestruturas Anelares que controlam os Sistemas Aquíferos da Bacia do Paraná, no Rio Grande do Sul (RS). *Águas Subterrâneas*, 36(2), Artigo e-30174. <https://doi.org/10.14295/ras.v36i2.30174>
- Lisboa, N. A., Danni, N., Reginato, P. A. R., & Remus, M. V. D. (2025). Análise de morfoestruturas na avaliação do potencial de áreas para a água subterrânea no Sistema Aquífero Serra Geral. *Águas Subterrâneas*, 39(2), 1–14. <https://doi.org/10.14295/ras.v39i2.30331>
- Lisboa, N. A., & Reginato, P. A. R. (2021). Avaliação de locais para perfuração de poços tubulares no Sistema Aquífero Serra Geral no estado do Rio Grande do Sul por meio da análise dos fatores condicionantes e uso de técnicas de sensoriamento remoto. *Águas Subterrâneas*, 35(1), 1–19. <https://doi.org/10.14295/ras.v35i1.30001>
- Machado, J. L. F., & Freitas, M. A. (2005). *Mapa Hidrogeológico do Rio Grande do Sul, escala 1:750.000*. CPRM, Rio de Janeiro. <https://www.sgb.gov.br/sureg-pa-mapa-hidrogeologico-do-rio-grande-do-sul-escala-1750000>
- Mancuso, M. A., & Santos, C. E. (2021). Avaliação hidrogeológica quali-quantitativa do aquífero fraturado Serra Geral, localizado no noroeste do Rio Grande do Sul. *Geologia USP - Série Científica*, 21(1), 71–88. <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9095.v21-176588>
- Mobus, G. (1987). *Análise Estrutural e Hidrogeológica do Aquífero Fraturado da Formação Serra Geral Região Nordeste do Rio Grande do Sul* [Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul]. <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/222657>
- Nery, B. J., Mancuso, M. A., & Santos, C. E. (2024). Análise da Influência das Feições Estruturais do Grupo Serra Geral na Disponibilidade Hídrica Subterrânea do Sistema Aquífero Serra Geral. *GeoUERJ*, 45, Artigo e72521. <https://doi.org/10.12957/geouerj.2024.72521>
- Peterlini, G., Pinese, J. P. P., & Celligoi, A. (2020). Fatores Geológicos e Pedológicos que influenciam na produtividade Hídrica do Sistema Aquífero Serra Geral (SASG) na Região Norte do Estado do Paraná. *Revista Caminhos de Geografia*. 21(78), 173–191. <https://doi.org/10.14393/RCG217853137>
- Reginato, P. A. R. (2003). *Integração de Dados Geológicos para Prospecção de Aquíferos Fraturados em Trecho da Bacia Hidrográfica Taquari-Antas (RS)* [Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul]. <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/117392>
- Reginato, P.A.R, Corrêa, A. S, Vargas, T, & Carlos, F. S. (2023). Análise exploratória de dados hidrogeológicos de poços de alta produtividade do SASG. *Anais do 7º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente*, Bento Gonçalves. <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/262392/001170602.pdf?sequence=1>
- Reginato, P. A. R., Bortolin, T. A., Leão, M. I., Dias, F. A., Dutra, T. O., & Paim, R.A. (2014). Avaliação da circulação da água subterrânea em aquíferos fraturados com base na interpretação das entradas de água e estruturas das rochas vulcânicas na região de Carlos Barbosa. *Anais do XVIII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas*, Belo Horizonte. <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/28362/18463>

- Reginato, P. A. R., & Strieder, A. J. (2006a). Condicionantes geológicos dos aquíferos fraturados da Formação Serra Geral e sua relação com a locação de poços tubulares. *Anais do XIV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas*, Curitiba. <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/22221>
- Reginato, P. A. R., & Strieder, A. J. (2006b). Integração de dados geológicos na prospecção de aquíferos fraturados na Formação Serra Geral. *Águas Subterrâneas*, 20(1), 1–14. <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/9713/6701>
- Rossetti, L., Lima, E. F., Waichel, B. L., Hole, M. J., Simões, M. S., & Scherer, C. M. S. (2018). Lithostratigraphy and volcanology of the Serra Geral Group, Paraná-Etendeka Igneous Province in Southern Brazil: Towards a formal stratigraphical framework. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 355, 98–114. <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2017.05.008>
- Sanferari, A., Reginato, P. A. R., & Quillfeldt, S. D. (2022). O contato entre derrames vulcânicos como condicionante da ocorrência e da produtividade de aquíferos fraturados. *Águas Subterrâneas*, 36(2), Artigo e-30137. <https://doi.org/10.14295/ras.v36i2.30137>
- Streck, E. V., Kämpf, N., Dalmolin, R. S. D., Klamt, E., Nascimento, P. C., Schneider, P., Giasson, E., & Pinto, L. F. S. (2008). *Solos do Rio Grande do Sul*. Emater/RS. <https://www.bibliotecaagpatea.org.br/agricultura/solos/livros/SOLOS%203%20EDICAO.pdf>
- Viero, A. P., Roisenberg, A., Freitas, M. A., & Reginato, P. A. R. (2021). O Sistema Aquífero Serra Geral no Rio Grande do Sul e Santa Catarina. In A. R. Jelink, & C. A. Sommer (Eds.), *Contribuições a Geologia do Rio Grande do Sul e Santa Catarina* (pp. 469–485). SBG, Compasso Lugar-Cultura. <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/221962>

Manuscrito submetido em 4 de dezembro de 2025, aceito em 18 de março de 2026.

Como citar: Reginato, P. A. R., Lisboa, N. A., Dani, N., Remus, M. V. D., Fragomeni, L. P. M., & Ribeiro, R. R. (2026). Análise das entradas de água e sua relação com a produtividade de poços tubulares que captam água do Sistema Aquífero Serra Geral no município de Passo Fundo (RS). *Derbyana*, 47, Artigo e895.

Contribuição dos autores: P.A.R.R.: Conceitualização, levantamento dos dados, análise e interpretação dos dados, redação do artigo. N.A.L., N.D., M.V.D.R., L.P.M.F., R.R.R.: revisão do artigo, contribuições para melhoria da interpretação de dados e escrita.

Conflito de interesses: Os autores declaram que não há conflito de interesses.

