

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE GEOGRAFIA

FILLIPE GONÇALVES NEPOMUCENO

Caracterização potenciométrica e de capacidade específica de poços
na área urbana de Anápolis - Goiás e imediações

Monte Carmelo

2025

Caracterização potenciométrica e de capacidade específica de poços
na área urbana de Anápolis -Goiás e imediações

Trabalho de Conclusão de Curso,
exigência parcial para obtenção do título de
bacharel em Geologia da Universidade Federal
de Uberlândia, campus Monte Carmelo.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Liliane Ibrahim

Monte Carmelo

2025

FILLIPE GONÇALVES NEPOMUCENO

Caracterização potenciométrica e de capacidade específica de poços
na área urbana de Anápolis -Goiás e imediações

Trabalho de Conclusão de Curso,
exigência parcial para obtenção do Título de
bacharel em Geologia da Universidade Federal
de Uberlândia, campus Monte Carmelo.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Liliane Ibrahim

Monte Carmelo, 29 de agosto de 2025.

Banca Examinadora:

Prof^a. Dr^a. Liliane Ibrahim

Prof. Dr. Félix Nannini

Geólogo João Paulo Barbosa dos Santos

AGRADECIMENTOS

A entrega deste trabalho é a recompensa por todos os momentos difíceis que enfrentei durante a caminhada geológica, especialmente no TCC.

Primeiramente agradeço aos meus pais, Carlos Alberto e Andréa, por terem me dado condições para chegar até aqui. Mãe, suas orações deram certo. Jamais me esquecerei de todos os sacrifícios feitos por você, para que este sonho se tornasse realidade.

Agradeço a toda minha família, a qual sempre me apoiou e criou condições para o meu crescimento como pessoa. Acrescento aqui uma menção honrosa aos meus padrinhos, Antônio Carlos e Ângela, por terem abraçado minha causa em todos os momentos em que precisei, não apenas financeiramente, mas também com conselhos, ensinamentos e mentalidade.

Agradecimento especial a minha orientadora, Liliane Ibrahim, por ter me ligado e oferecido a orientação no momento em que eu já não sabia mais para onde ir. Agradeço também a todos os outros docentes do curso de geologia da Universidade Federal de Uberlândia. Jamais me esquecerei dos ótimos momentos, experiências e histórias vividas.

Por fim, jamais poderia deixar de mencionar os irmãos que a geologia me deu o privilégio de conhecer. Vocês fizeram até os momentos ruins virarem histórias que lembraremos para o resto da vida. Gratidão ao grupo BDP e que o intemperismo da vida nunca nos dissocie, obrigado, Marcelo (Tchelo), João (Piludo), Vittor Cambria (Pinoxoro), Pedro Bataglia, Eugênio (Genim), Rafael, Marco Antônio (Gabiroba), Matheus Virga e Matheus (Bixo). Agradecimento especial aos que me enriqueceram na discussão deste trabalho, Guilherme (Palheiros), Igor Morales (Pingols) e João Paulo (Tufim).

Esta conquista jamais será só minha.

RESUMO

As águas subterrâneas desempenham papel estratégico no abastecimento humano e na sustentabilidade dos recursos hídricos, especialmente em áreas urbanas em expansão, como o município de Anápolis-GO. Este trabalho tem como objetivo caracterizar a potenciometria das águas subterrâneas e a capacidade específica de poços tubulares localizados na área urbana de Anápolis e suas imediações, visando contribuir para a gestão integrada dos recursos hídricos locais. Foram utilizados dados secundários provenientes dos bancos de dados SIAGAS (CPRM) e SIEG (Goiás), os quais, após padronização e tratamento no software QGIS 3.42, permitiram a elaboração de mapas potenciométricos e de capacidade específica.

Apesar da insuficiência dos dados construtivos dos poços tubulares analisados e da pequena escala dos mapas hidrogeológicos de Goiás, que limitam a interpretação, foi possível observar que o comportamento das unidades aquíferas da zona urbana se aproxima do comportamento de aquíferos com relativa homogeneidade no padrão de fluxo. A análise das vazões demonstrou predominância de poços com baixa produtividade, refletindo tanto as condições hidrogeológicas locais quanto aspectos construtivos da maioria dos poços. O mapa potenciométrico evidenciou áreas de recarga no setor sul e zonas de descarga em direção ao norte e ao longo do Rio das Antas, acompanhando a topografia regional. Já o mapa de capacidade específica revelou forte heterogeneidade espacial, com maiores valores associados a setores sul e sudeste do município.

Conclui-se que a exploração desordenada pode alterar a direção do fluxo das águas subterrâneas e comprometer a qualidade das mesmas, com o risco da indução de recarga de águas superficiais contaminadas no aquífero, como no caso do Rio das Antas. Portanto, os resultados obtidos reforçam a necessidade de monitoramento contínuo e de políticas públicas que assegurem a gestão sustentável dos recursos hídricos subterrâneos em Anápolis, como por exemplo a delimitação dos perímetros de proteção dos poços.

Palavras-chave: Poços tubulares; mapa potenciométrico; gestão de recursos hídricos.

ABSTRACT

Groundwater plays a strategic role in human supply and in the sustainability of water resources, especially in expanding urban areas such as the municipality of Anápolis (Goiás, Brazil). This study aims to characterize the potentiometry of groundwater and the specific capacity of tubular wells located in the urban area of Anápolis and its surroundings, seeking to contribute to the integrated management of local water resources. Secondary data from the SIAGAS (CPRM) and SIEG (Goiás) databases were used, which, after standardization and processing in QGIS 3.42, enabled the elaboration of potentiometric and specific capacity maps.

Despite the insufficient construction data of the analyzed tubular wells and the small scale of Goiás hydrogeological maps, which limit interpretation, it was possible to observe that the behavior of the aquifer units in the urban zone resembles that of aquifers with relative homogeneity in flow patterns. The flow rate analysis showed a predominance of low-yield wells, reflecting both local hydrogeological conditions and constructive aspects of most wells. The potentiometric map highlighted recharge areas in the southern sector and discharge zones towards the north and along the Antas River, following the regional topography. The specific capacity map revealed strong spatial heterogeneity, with higher values associated with the southern and southeastern sectors of the municipality.

It is concluded that unregulated exploitation may alter the direction of groundwater flow and compromise its quality, with the risk of inducing recharge of contaminated surface waters into the aquifer, as in the case of the Antas River. Therefore, the results reinforce the need for continuous monitoring and public policies to ensure the sustainable management of groundwater resources in Anápolis, such as the delimitation of wellhead protection areas.

Keywords: Tubular wells; potentiometric map; water resources management

LISTA DE FIGURAS E IMAGEM

Figura 1. Mapa de localização da área de estudo, município de Anápolis – GO.	13
Figura 2. Tipos de aquíferos em relação à pressão de suas águas.	17
Figura 3. Rede de fluxo de água subterrânea em seção vertical.....	18
Figura 4. Compilação de informações climatológicas de Anápolis.	21
Figura 5. A) Localização de Província Tocantins no território brasileiro.	23
Figura 6 – Mapa geológico do município de Anápolis.	26
Figura 7. Mapa hidrogeológico com informações dos sistemas aquíferos.....	27
Figura 8. Mapa de localização de bacias, nível 2. (Ottobacias).	29
Figura 9. Mapa de localização de bacias, nível 2. (Ottobacias).	30
Figura 10. Mapa de localização e classificação dos sistemas de abastecimento.....	31
Figura 11. Localização dos pontos de captação de água nos Sistemas Piancó	32
Figura 12. Interface do software QGIS 3.42	35
Figura 13. Mapa de localização dos poços registrados na área de estudo.....	37
Figura 14. Mapa de localização dos poços cadastrados no SIAGAS.....	39
Figura 15. Frequência de valores de vazão dos poços da área urbana	40
Figura 16. Gráfico de frequência da capacidade específica para os poços SIAGAS.	41
Figura 17. Frequência de valores da carga hidráulica para os poços SIAGAS.	42
Figura 18. Mapa de localização dos poços cadastrados no SIEG na área de estudo.....	43
Figura 19. Frequência de valores de vazão dos poços da área urbana.	44
Figura 20. Frequência da capacidade específica dos poços SIEG.....	45
Figura 21. Frequência de valores da carga hidráulica para os poços SIEG.....	46
Figura 22. Mapa potenciométrico da área de estudo.	47
Figura 23. Mapa potenciométrico evidenciando as curvas equipotenciais.	48
Figura 24. Setorização áreas de carga e descarga.....	48
Figura 25. Mapa de capacidade específica dos poços da área de estudo.....	49
Figura 26. Interação do aquífero com o nível do rio	51
Figura 27. Mapa dos Sistemas de Abastecimento de Anápolis.	53
Imagem 1. Mosaico de fotografias retiradas em diversos trechos do Rio das Antas.....	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Uso e ocupação do solo no município de Anápolis para o ano de 2017.	22
Tabela 2. Comparação de quantidade de poços por intervalo de vazão.	40
Tabela 3. Comparação de quantidade de poços por intervalo de vazão.	44

ANEXOS

ANEXO 01 - TABELA DE DADOS DO SIAGAS.....	60
ANEXO 02 - TABELA DE DADOS DO SIEG.....	69

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	9
1.1	Apresentação do tema e justificativa	9
1.2	Justificativa.....	11
2	OBJETIVOS	12
3	LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO	13
4	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
4.1	Aspectos conceituais sobre hidrogeologia.....	14
4.2	Mapa potenciométrico	17
5	MEIO FÍSICO	21
5.1	Clima	21
5.2	Vegetação	21
5.3	Uso e Ocupação do Solo.....	22
5.4	Contexto Geológico.....	22
5.5	Caracterização Hidrogeológica.....	26
5.6	Caracterização Hidrográfica	28
5.7	Aspectos sobre o abastecimento de água do município de Anápolis	30
6	METODOLOGIA.....	33
6.1	Levantamento de referências bibliográficas	33
6.2	Levantamento e tratamento da base de dados	33
6.3	Mapa potenciométrico	34
6.4	Mapa de capacidade específica.....	34
6.5	Método utilizado para o modelamento hidrogeológico.....	35
7	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	37
7.1	Dados do SIAGAS	38

7.2	Dados do SIEG	42
7.3	Mapa potenciométrico	46
7.4	Mapa de Capacidade Específica	49
7.5	Interação de águas superficiais com águas subterrâneas	50
7.6	Abastecimento público	53
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES	55
	REFERÊNCIAS	56

1 INTRODUÇÃO

1.1 Apresentação do tema e justificativa

A água doce é um recurso finito e distribuído de forma desigual no planeta. Somente 2,5% do total de água da Terra não tem origem salgada nos mares e oceanos (FAO, 2022). Nessa circunstância, a água subterrânea dos aquíferos e lençóis freáticos, desempenha um papel estratégico, representando cerca de 30,1% de toda a água doce disponível globalmente, caracterizando a principal fonte de abastecimento para o consumo humano, irrigação, indústrias, mineração e outras atividades, especialmente em áreas semiáridas

Considerando que quase um terço de toda a água doce do planeta está armazenada no subsolo, é justificável a preocupação quanto à sua disponibilidade e qualidade. Compreender a importância da água subterrânea e os desafios de sua gestão é fundamental para o planejamento sustentável dos recursos hídricos. Foster et al. (2011) levantam a importância de discussões em âmbito gerencial público e político envolvendo a exploração consciente e ordenada dos aquíferos subterrâneos, uma vez que sua realização de forma desordenada e desestruturada tem trazido graves problemas de contaminação e rebaixamento dos lençóis freáticos.

No Brasil, a gestão das águas subterrâneas é uma responsabilidade compartilhada entre a União e os estados, com a ANA (Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico) que administram aproximadamente 2,5 milhões de poços tubulares, com cerca de 17.580 Mm³/ano (557 m³/s) de exploração, ou seja, volume suficiente para abastecer a cada ano a população atual brasileira ou 10 regiões metropolitanas, o equivalente a 217 milhões de pessoas. No Brasil, a água é utilizada principalmente para irrigação e abastecimento humano (urbano e rural), além de diversos outros como uso industrial, transporte, lazer e geração de energia (Hirata, 2015).

A cidade de Anápolis, município do interior do estado de Goiás, localizada a 50 km da capital goiana, se destaca no contexto regional pelo dinamismo econômico e por sua localização estratégica. Sua origem está diretamente relacionada à parada das comitivas que realizavam o transporte de mercadorias entre os antigos núcleos de mineradores goianos (Jaraguá, Pirenópolis, Corumbá, etc.) para pouso à beira de rios e córregos, que para o caso de Anápolis, o córrego das Antas foi a referência (Luz, 2009).

Borges (2011), Ferreira (1981) e Rocha (2007) somam ao fato histórico a motivação religiosa de construção de uma capela na região em retribuição a uma graça atribuída à Sant'Ana. Com isso, ao redor da capela edificada em 1871, estabeleceu-se o povoado de Santa das Antas, posteriormente cidade de Anápolis.

Conforme exposto, a temática de demanda hídrica está instaurada na cidade de Anápolis desde a sua origem. Atualmente, o município é abastecido por dois sistemas produtores principais, que utilizam captação superficial, e são complementados por sistemas independentes de poços artesianos. O Sistema Piancó atende 83% da população, enquanto o Sistema Daia – operado pela Companhia de Desenvolvimento Econômico de Goiás (Codego) – é responsável pelo abastecimento de 16%. Já os sistemas independentes abastecem o 1% restante de usuários.

Para o Sistema Piancó, que é composto por três captações de superfície, são utilizados os mananciais Piancó, Anicuns e Capivari. A Captação Piancó 1 tem vazão de 1.010 litros/segundo, a Captação Capivari conta com vazão de 250 l/s e, a Captação Piancó 2, de 700 l/s – sendo que as captações Capivari e Piancó 2 são acionadas apenas durante a estiagem, nos meses de julho a dezembro.

Já o Sistema Daia capta água no Ribeirão Caldas. Ele é constituído pela Captação Caldas, que apresenta vazão de 300 l/s, e pela ETA Caldas, cuja capacidade de tratamento é de 300 l/s. O contrato de fornecimento de água da Saneago com a Codego, no caso, é de 150 l/s. Este Sistema atende a Região Sul de Anápolis, ao passo que o Sistema Piancó, geograficamente, abrange todo o restante do município (Saneago, 2023).

Segundo os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, a área territorial de Anápolis é de 935,672 km², com população estimada no último censo (2022) em 398.869 pessoas, com previsão estimada para 415.847 para o ano de 2024. Dessa forma, Anápolis constitui-se no terceiro maior município do estado.

Por conta dessa demografia, a água em Anápolis, como em vários outros municípios está cada vez mais limitada. A problemática da degradação dos recursos hídricos de Anápolis é cada vez mais visível, uma vez que os córregos que atravessam o município apresentam altos níveis de poluição, de assoreamento, áreas de erosão e ausência de mata ciliar, fazendo com que a qualidade de vida, saúde e bem-estar dos cidadãos sejam ameaçadas (Bonome et. al., 2013).

Para que não haja sobrecarga na forma de captação superficial, os sistemas independentes de captação subterrânea fazem-se necessários. Dados da Saneago afirmam que a vazão captada através de poços tubulares atinge cerca de 100 l/s. A água proveniente deles é destinada à complementação do Sistema Piancó, exclusivamente, para os bairros Branápolis, Condomínio Royal Life e Santos Dumont, além dos seguintes povoados anapolinos: Goialândia, Interlândia e Joanápolis.

Esta pesquisa, portanto, apresenta o mapeamento e caracterização potenciométrica e de capacidade específica de poços na área urbana de Anápolis -Goiás e imediações para contribuir para a administração dos recursos hídricos do município.

1.2 Justificativa

Devido à baixa susceptibilidade à contaminação e em razão da grande capacidade de armazenamento, comparada às águas superficiais, as águas subterrâneas são consideradas importante fonte de abastecimento (Secretaria de Indústria e Comércio, 2006). Além disso, os aquíferos funcionam como reservas naturais capazes de garantir o suprimento hídrico durante períodos de estiagem, contribuindo para a segurança hídrica e alimentar. Do ponto de vista ambiental, a água subterrânea assegura a manutenção do fluxo de rios, lagoas e áreas úmidas, preservando ecossistemas essenciais à biodiversidade. Assim, compreender e valorizar a importância da água subterrânea é fundamental para o planejamento sustentável dos recursos hídricos, evitando sua degradação e garantindo disponibilidade para as futuras gerações.

O Estado de Goiás, localizado no Planalto Central brasileiro, ocupa cerca de 4% do território nacional e possui uma das mais ricas malhas hidrográficas do país, sendo que nos seus principais rios: Paranaíba, Tocantins e Araguaia, estão instaladas grandes usinas hidrelétricas, que além da importante geração de energia para o Brasil, também contribuem para alavancar as atividades de mineração, agronegócio e agroindústria deste estado. Além disto, quase a totalidade do Estado de Goiás localiza-se no Bioma Cerrado, que atualmente se constitui no bioma em mais alto grau de desmatamento do Brasil, principalmente em função do avanço das fronteiras agrícolas. 28% da superfície total do Cerrado se encontra no estado de Goiás (SECIMA, 2015).

O município de Anápolis, que constitui a área do presente estudo, tem 415 mil habitantes (IBGE, 2024), dista 50 km da capital Goiânia e 140 km da capital federal, Brasília. É cortada pelas principais rodovias federais do país, além da Ferrovia Centro-Atlântica. É o centro da região mais desenvolvida do Centro-Oeste brasileiro, conhecida como Eixo Goiânia-Anápolis-Brasília, que corresponde à região estruturada no entorno da BR-060 que conecta Goiânia e Brasília. É um importante polo agrícola, industrial e logístico.

A expansão destas atividades na região onde está localizada a área de estudos, principalmente as agrícolas, tem aumentado a demanda pelos recursos hídricos tanto superficiais quanto subterrâneos. Além disto, o crescimento populacional e o aumento da taxa de urbanização da região, ambos entre os maiores do Brasil, tem despertado grande interesse em relação ao gerenciamento dos recursos hídricos (SECIMA, 2015).

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo principal

Essa pesquisa tem por objetivo geral auxiliar o entendimento da dinâmica das águas subterrâneas na área urbana de Anápolis através da avaliação dos parâmetros hidráulico e hidrogeológico referentes à capacidade específica de poços e potenciomетria, respectivamente, e assim, contribuir para um gerenciamento eficiente dos recursos hídricos subterrâneos do município.

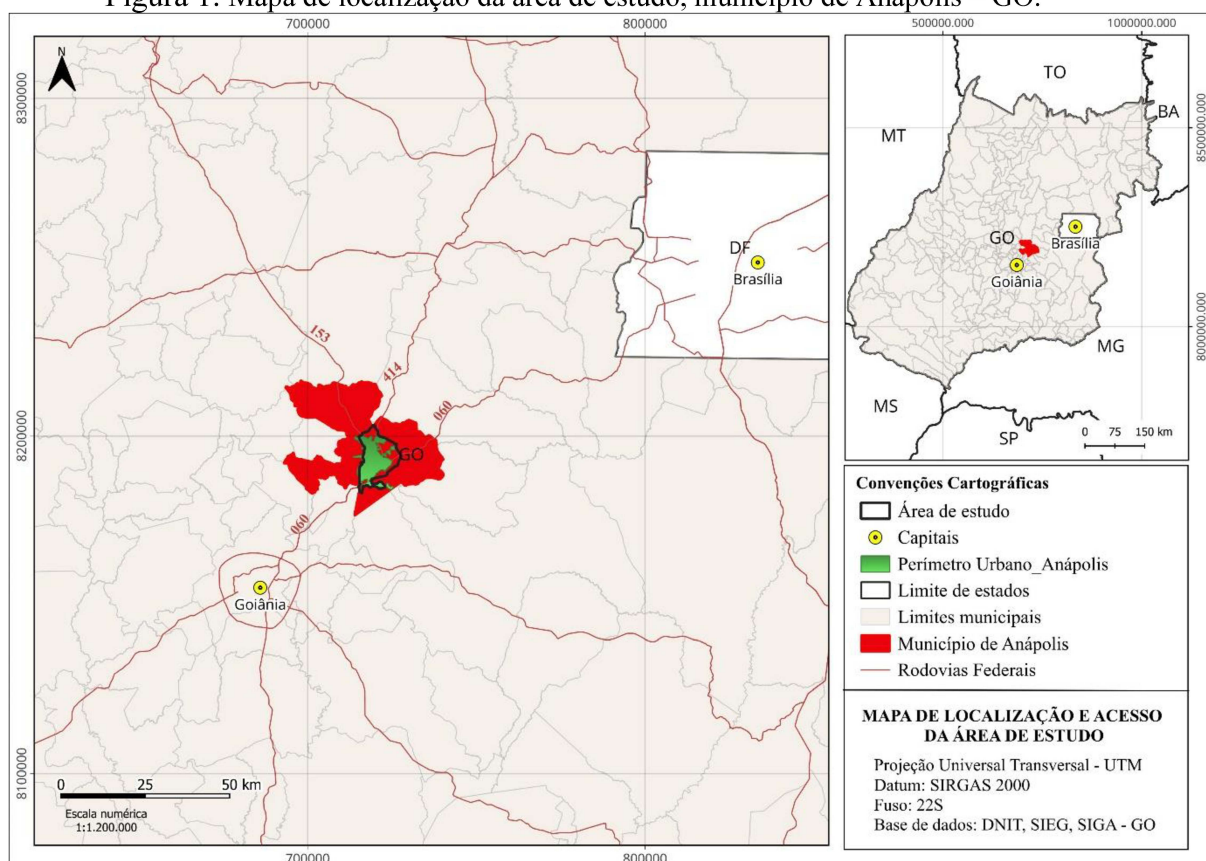
2.1 Objetivos secundários

- Analisar os dados de poços tubulares disponíveis no município de Anápolis – Goiás, obtidos dos bancos de dados dos seguintes órgãos: SIAGAS (CPRM) e SIGA – GO.
- Elaborar o mapa potenciométrico e mapa de capacidade específica da área urbana de Anápolis;
- Recomendar ações futuras para a gestão integrada dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos do município.

3 LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO

A área de estudo, o município de Anápolis, está localizado na Folha Cartográfica SE - 22, porção centro-leste do estado de Goiás, distante cerca de 60 km da capital Goiânia e 150 km da capital federal Brasília. O acesso, a partir de Goiânia, é feito via terrestre através da rodovia pavimentada BR 060 (Fig.1). A cidade de Anápolis possui área de 935,672 km², densidade demográfica 426,29 hab/km² e faz divisa com os municípios Pirenópolis, Abadiânia, Gameleira de Goiás, Silvânia, Leopoldo de Bulhões, Goianópolis, Terezópolis de Goiás, Nerópolis, Campo Limpo de Goiás, Ouro Verde de Goiás e Petrolina de Goiás. Conforme o último censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022), Anápolis possui 398.869 habitantes com estimativa de 415.847 pessoas em 2024.

Figura 1. Mapa de localização da área de estudo, município de Anápolis – GO.



Fonte: O autor (2025).

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Aspectos conceituais sobre hidrogeologia

A palavra hidrogeologia foi criada por Jean-Baptiste de Lamarck em 1802 ao escrever o livro intitulado *Hydrogéologie*, que entretanto descrevia o papel da água na morfologia dos terrenos. O conceito de hidrogeologia como uma área da Geologia que estuda a água subterrânea foi introduzido em 1877 por Joseph Lucas (Mather, 2001 apud Feitosa, 2008). Antes do presente, muitos autores se referiam à hidrogeologia como hidrologia subterrânea. Em 1856, o engenheiro hidráulico Henry Darcy, ao reproduzir em laboratório o fluxo de água através de materiais arenosos para analisar obras de saneamento de Dijon, na França, estabeleceu a fórmula denominada Lei de Darcy, que constitui a base de muitos métodos de avaliação quantitativa de águas subterrâneas (Feitosa et al., 2008).

A água subterrânea é definida como a água subsuperficial que se encontra abaixo do nível de saturação ou nível freático em solos formações geológicas aflorantes e nas formações geológicas completamente saturadas. Além de desempenhar um papel fundamental em diversos processos geológicos, como produção de sismicidade induzida, migração/acumulação de petróleo e formação de certos tipos de depósitos minerais, solo e relevos, essa água é importante para o abastecimento de poços, nascentes e rios em épocas de estiagem, além de desempenhar um papel crucial na manutenção do equilíbrio hídrico do ambiente desempenhando importante papel no ciclo hidrológico (Freeze; Cherry, 1979).

Segundo Freeze e Cherry (1979), o ciclo hidrológico é um processo natural que consiste em várias etapas interligadas; envolve um fluxo de entrada para que o sistema hidrológico ocorra em forma de precipitação na forma de chuva ou derretimento de alguma neve. O fluxo de saída ocorre como escoamento superficial e subsuperficial e como evapotranspiração: combinação de evaporação de corpos d'água superficiais, evaporação das superfícies do solo e transpiração das plantas. A precipitação abastece os cursos d'água, tanto pelo escoamento superficial aos canais, como pelas rotas de fluxos após infiltração no solo. É importante compreender e monitorar esse ciclo para garantir a sustentabilidade dos recursos hídricos e a preservação dos ecossistemas aquáticos. Portanto, é importante reiterar a importância da integração entre estudos de águas subterrâneas e águas superficiais em bacias hidrográficas.

Um aquífero é toda formação geológica onde a água pode ser armazenada e que possua permeabilidade suficiente para permitir seu movimento em condições naturais. Aquicludo é uma unidade geológica que armazena água, mas é incapaz de transmitir quantidades significativas de água sobre gradientes hidráulicos comuns. Aquitardo é uma camada ou

formação semipermeável, delimitada no topo ou na base por camadas de permeabilidade muito maior e tem o comportamento de uma membrana semipermeável onde pode ocorrer uma infiltração vertical ou drenança (Freeze; Cherry, 1979).

Portanto, para o entendimento do funcionamento de aquíferos é necessário o conhecimento sobre os diferentes tipos de materiais que armazenam água e suas propriedades (litologia, constituição química, porosidade, permeabilidade, condutividade hidráulica, transmissividade, armazenamento, profundidade do nível estático e suas variações, entre outros), assim como sua extensão e áreas de recarga e descarga.

Porosidade é o volume total de vazios de um solo ou rocha, podendo ser primária e/ou secundária. Esses poros são de diversos tamanhos e formatos, e sua presença influencia diretamente as propriedades físicas e mecânicas do material, como a condutividade hidráulica, a resistência e a densidade (Feitosa et al., 2008).

Em relação à porosidade, os aquíferos podem ser classificados como granulares (também denominados sedimentares ou porosos), fraturados (fissurados) ou cársticos. Os aquíferos granulares ocorrem em rochas sedimentares consolidadas, sedimentos inconsolidados e decompostos in situ. Como armazenam um grande volume de água e ocorrem em áreas extensas, são os aquíferos mais importantes. Esses aquíferos ocorrem em bacias sedimentares e em todas as várzeas onde sedimentos arenosos se acumularam. Uma característica dessa classe de aquífero é a porosidade quase sempre uniformemente distribuída, ou isotrópica. Isso permite que o líquido flua em qualquer direção de acordo com os diferenciais de pressão hidrostática existentes (Freeze; Cherry, 1979).

Os aquíferos fraturados ou fissurados são encontrados em rochas ígneas e metamórficas. A quantidade de fraturas aberturas e interconectadas destas rochas determinam sua capacidade de acumular água. Nessas rochas são perfurados poços que fornecem poucos metros cúbicos de água por hora. Um poço produtivo só pode ser construído interceptando fraturas capazes de conduzir água. O escoamento da água nesses aquíferos é limitado à direção das fraturas, que geralmente possuem orientações preferenciais. Por causa disso, esses meios são conhecidos como anisotrópicos (Freeze; Cherry, 1979).

E por fim, os aquíferos cársticos, inseridos em rochas carbonáticas. Eles constituem um tipo específico de aquífero fraturado, onde as fraturas, devido à dissolução do carbonato pela água, podem atingir aberturas extremamente grandes (condutos e cavernas), criando verdadeiros rios subterrâneos. Esse aquífero ocorre em regiões com rochas calcárias (Freeze; Cherry, 1979).

Condutividade hidráulica é a capacidade do material em permitir a passagem da água através dele, quanto maior a condutividade hidráulica, mais fácil será a movimentação da água. As formações geológicas que apresentam maiores valores de condutividade hidráulica incluem areias não consolidadas e cascalhos, rochas sedimentares permeáveis como arenito e calcário, além de rochas vulcânicas e cristalinas com fraturas acentuadas (Freeze; Cherry, 1979).

Permeabilidade é capacidade do material em permitir a passagem de substâncias através dele. A permeabilidade pode estar relacionada à capacidade de um material ou substância de permitir a passagem de calor, água ou outros elementos. A permeabilidade de um material ou substância pode influenciar diversos processos (Freeze; Cherry, 1979).

Armazenamento de um aquífero fundamenta-se na capacidade de armazenar e transmitir água e depende de algumas propriedades da água, como densidade, viscosidade e compressibilidade, além das propriedades do meio poroso, como porosidade, permeabilidade intrínseca e compressibilidade (Feitosa, 2008)

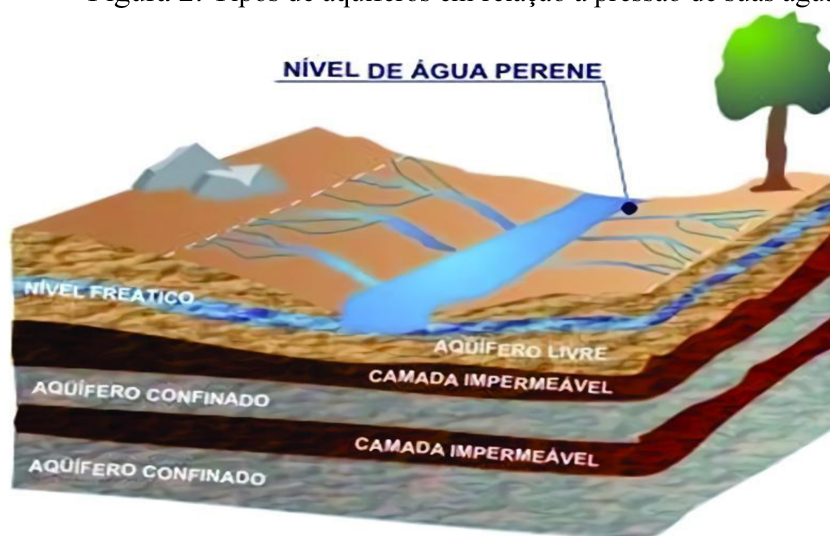
Transmissividade é a concentração de água que pode ser transmitida horizontalmente por toda a espessura saturada do aquífero, determinada como a taxa de escoamento de água através de uma faixa vertical do aquífero, com largura unitária submetida a um gradiente hidráulico unitário (Feitosa, 2008)

Existem diferentes tipos de aquíferos em relação à pressão das águas nas suas superfícies limítrofes (superior, chamada de topo e inferior chamada de base) e, em função da capacidade de transmissão de água dessas respectivas camadas limítrofes. Em relação a essas características distintas, que influenciam o comportamento hidrogeológico (Figura 5), os aquíferos podem ser classificados em confinados, semiconfinados e livres. Aquífero confinado, também chamando de aquífero sob pressão, está confinado entre dois aquíferos. Geralmente o nível de água em um poço posiciona-se acima da parte superior do aquífero. Classificam-se em confinados não drenantes, cujas camadas limítrofes, superior e inferior são impermeáveis e confinados drenantes, onde pelo menos uma camada limítrofe é semipermeável, permitindo a entrada e saída de fluxo (Freeze; Cherry, 1979).

No aquífero livre, também chamando de aquífero freático, o nível freático constitui o limite superior e ocorre perto da superfície. O nível freático é a superfície onde a pressão de fluido nos poros de um meio poroso é exatamente a mesma que a atmosférica. Os aquíferos livres se classificam em drenantes (base semipermeável) e não drenantes (base impermeável). O nível da água em um poço raso aberto ao longo de seu comprimento, que intercepta apenas depósitos superficiais em profundidade suficiente para acumular água dentro dele, indica a localização desta superfície (Freeze; Cherry, 1979).

Existe um tipo de aquífero livre que é denominado de aquífero suspenso, quando este é formado sobre uma camada impermeável ou semipermeável de extensão limitada e situada entre a superfície freática regional e o nível do terreno. Às vezes, esses aquíferos existem apenas por um curto período, na medida em que drenam para o nível freático subjacente (Feitosa, 2008).

Figura 2. Tipos de aquíferos em relação à pressão de suas águas.



Fonte: Andrade (2011)

4.2 Mapa potenciométrico

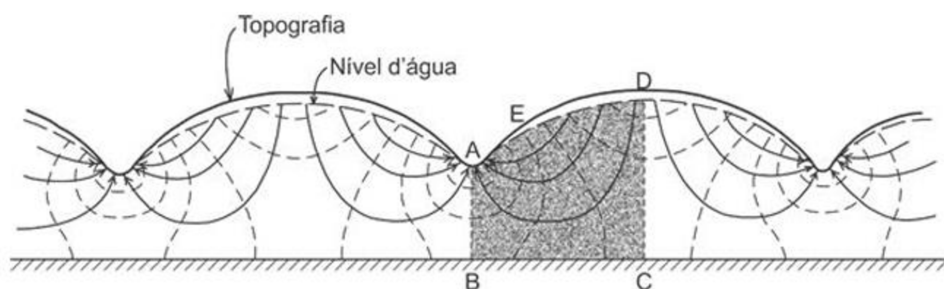
Mapa potenciométrico indica a direção do fluxo subterrâneo, indicando também áreas de recarga e descarga, sendo utilizado para o estudo geral do aquífero. É um mapa das superfícies de mesmo potencial hidráulico, ou mesma carga hidráulica. A superfície potenciométrica é definida quando as elevações de nível de água obtidas nos poços são colocadas em um mapa e traçadas linhas de mesma elevação, também chamadas superfícies equipotenciais. Esse mapa de superfície potenciométrica tem informações importantes, como a indicação das direções dos fluxos de suas águas subterrâneas. Esse conceito de superfície potenciométrica só é válido para fluxo horizontal em aquíferos horizontais. A condição de fluxo horizontal é atendida apenas em aquíferos com condutividade hidráulica bem maior do que aquelas das camadas confinantes associadas (Freeze; Cherry, 1979).

Portanto, o mapa potenciométrico representa a superfície potenciométrica em um aquífero, mostrando os níveis de pressão hidrostática da água subterrânea em diferentes pontos do terreno. Ele é útil para identificar a direção do escoamento da água subterrânea, as áreas de

recarga e descarga do aquífero, bem como possíveis áreas de contaminação (Freeze; Cherry, 1979).

Em uma condição onde os materiais geológicos são homogêneos e isotrópicos e limitado na base por uma camada impermeável, admite-se que o nível freático é coincidente com a superfície do solo nos vales e forma uma réplica suavizada da topografia das colinas, sendo o valor da carga hidráulica em qualquer linha equipotencial igual à elevação do lençol freático no ponto de intersecção com a linha equipotencial, conforme figura abaixo.

Figura 3. Rede de fluxo de água subterrânea em seção vertical através de um sistema homogêneo isotrópico limitado na base por contorno impermeável. As linhas tracejadas são linhas equipotenciais (mesma carga hidráulica) e as setas indicam o sentido do fluxo (perpendicular às linhas equipotenciais).



Fonte: Adaptado de Hubert, 1940 in Freeze; Cherry, 1979.

As linhas de fluxo da figura acima fornecem água subterrânea das áreas de recarga para as áreas de descarga. Uma área de recarga pode ser definida como aquela porção da bacia de drenagem na qual o fluxo saturado líquido das águas subterrâneas é direcionado para longe do nível freático. Em uma área de descarga há um componente da direção do fluxo de água subterrânea próximo da superfície que é ascendente. Uma área de descarga pode ser definida como aquela porção da bacia de drenagem na qual o fluxo da água subterrânea é direcionado para o nível freático. Em uma área de recarga, o nível freático geralmente fica a alguma profundidade; em uma área de descarga, é geralmente na ou muito perto da superfície (Freeze; Cherry, 1979).

Os mapas de curvas equipotenciais são obtidos a através de poços de monitoramento espalhados pela região que se deseja representar ou a partir de poços tubulares sem bombeamento, utilizando os valores dos níveis estáticos. Estes mapas são elaborados usando uma variedade de métodos de interpolação, mas nem sempre a densidade de dados disponíveis sobre a cota potenciométrica é suficiente para a realização de estimativas confiáveis (Rocha et al., 2009).

No caso de aquíferos livres, existem variações dos níveis potenciométricos no período chuvoso e período seco, e quando é possível este monitoramento, deve ser utilizado o valor médio entre estes (Feitosa, 2008).

4.3 Capacidade específica de poços

A capacidade específica de poços é um dos elementos relacionados ao projeto de exploração de água subterrânea em um aquífero e, portanto, além de refletir as características intrínsecas ao aquífero, também reflete as características construtivas do poço.

Capacidade Específica ou vazão específica é um parâmetro usado na definição da capacidade de produção dos poços, ou seja, sua produtividade. Corresponde à razão entre a vazão Q (m^3/h) e o rebaixamento S (m), podendo ser expressa em $m^3/h/m$. É sempre importante associar a capacidade específica de um poço com o tempo de bombeamento do respectivo valor de rebaixamento (Feitosa, 2008).

O nível estático (NE) é a profundidade do nível da água dentro do poço quando não está em bombeamento por um bom período e é medido geralmente em metros em relação à boca do poço. O nível dinâmico (ND) é a profundidade do nível da água dentro do poço quando está em bombeamento, medido geralmente em metros em relação à boca do poço (Feitosa, 2008)

O rebaixamento (S) é a diferença entre o nível estático e o dinâmico, ou seja, o quanto o nível da água rebaixou dentro do poço durante o bombeamento, também medido geralmente em metros. A altura da boca do poço é o tamanho do cano exposto, ou seja, a altura da boca do poço até a superfície do terreno. E instalação é a etapa final da construção de um poço, deixando-o apto a funcionar normalmente, e consiste na colocação de um equipamento de bombeamento, com tubulações adutoras, um sistema de acumulação (caixa d'água) e um sistema de distribuição da água (chafarizes, encanação etc.) (Feitosa et al., 2008).

A água subterrânea é extraída através de uma variedade de tipos de poços, dependendo das condições locais, do tipo e da profundidade do aquífero, das vazões pretendidas e da disponibilidade de equipamentos de exploração disponíveis no mercado. Os tipos de poços podem ser classificados de acordo com o método de perfuração utilizado, em poços escavados manualmente, poços coletores com drenos horizontais simples e drenos radiais, poços tubulares e galerias filtrantes (Feitosa, 2008).

Segundo a NBR 12244/1992 – Construção de Poço para Captação de Água Subterrânea, poço é toda obra de captação de água subterrânea executada com sonda, mediante perfuração vertical.

Os critérios gerais e requisitos de um planejamento para um poço tubular profundo envolvem diversos fatores, entre eles (Driscoll, 1986):

1. Segurança estrutural e operacional;
2. Capacidade (rendimento ou taxa de descarga de águas subterrâneas), tanto a curto quanto a longo prazo (maior vazão para o menor rebaixamento);
3. O material do aquífero (meio poroso) deve permanecer no lugar, ou seja, e inviável ser extraído junto com a água subterrânea;
4. Raio de influência;
5. Impacto na qualidade e quantidade de águas subterrâneas no aquífero selecionado e nos aquíferos adjacentes;
6. Proteção contra contaminação (tanto da superfície terrestre como da subsuperfície);
7. Impacto ao meio ambiente;
8. Custo de capital;
9. Requisitos de operação e manutenção;
10. Custo.

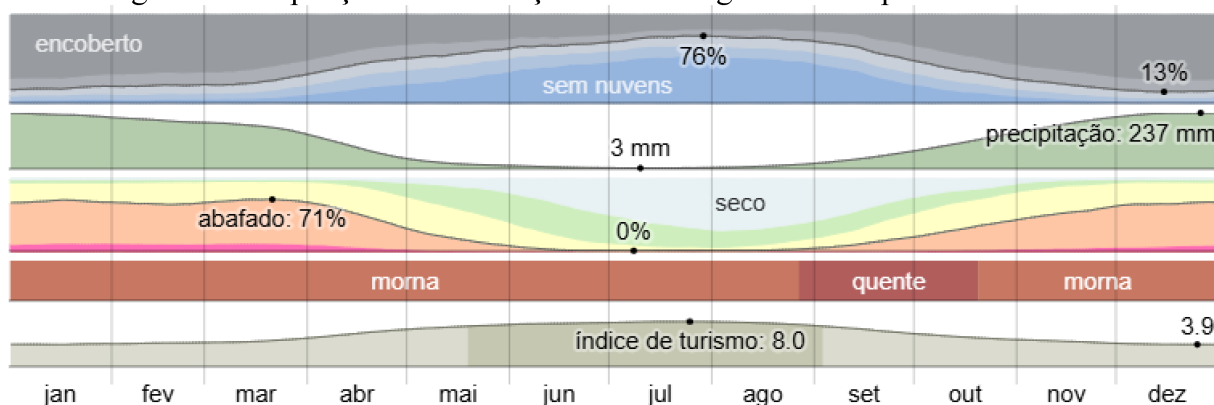
5 MEIO FÍSICO

5.1 Clima

De acordo com a classificação de Köppen-Geiger, o clima predominante em Anápolis é classificado como Aw, tropical com estação seca. A temperatura média anual observada é 22,4 °C. Aproximadamente 1586 mm da precipitação ocorre anualmente. A estação com precipitação é abafada e de céu encoberto; a estação seca é de céu quase sem nuvens. Durante o ano inteiro, o clima é morno. Ao longo do ano, em geral a temperatura varia de 15 °C a 30 °C e raramente é inferior a 13 °C ou superior a 34 °C (Fig. 4) (WeatherSpark, 2025).

A variação da precipitação entre o mês mais seco e o mês mais chuvoso é 264 mm. A variação das temperaturas ao longo do ano é 3,8 °C. O mês com a maior umidade relativa é março (79,48%), a menor umidade relativa é em agosto (38,36%), o mês com mais dias de chuva é dezembro (24,37 dias) e o mês com menos dias é julho (0,53 dias) (WeatherSpark, 2025).

Figura 4. Compilação de informações climatológicas de Anápolis.



Fonte: © WeatherSpark (2025).

5.2 Vegetação

O município de Anápolis está inserido predominantemente no bioma Cerrado, de acordo com o reconhecimento dos seis biomas continentais do Brasil, conforme o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2004).

A cobertura vegetal do município está quase que totalmente descaracterizada pela ação do homem. Estudos de geoprocessamento realizados por pesquisadores da Universidade Estadual de Goiás para a microrregião de Anápolis indicam significativa redução da vegetação nativa. Entre 1985 e 2010, a cobertura natural caiu de aproximadamente 27,5% para 18,2% (Santos, 2018). Outros levantamentos apontam que o município já perdeu mais de 75% da

vegetação original, sobretudo em decorrência da expansão agropecuária e da urbanização acelerada (Silva et. al., 2019).

5.3 Uso e Ocupação do Solo

Santos (2018) apresentou uma classificação da cobertura e uso de solo do município de Anápolis que conta com área total de 933,156 km². Dessa área, a classe que ocupa as maiores extensões é Pastagem (37,3%), seguida em ordem decrescente por Área Urbana (20,46%), Florestas (14,66%), Solo Exposto (14,18%), Agricultura (9,44%), Queimadas (3,9%) e, por último a classe Água, ocupando somente 0,076% (Tabela 1).

Tabela 1. Uso e ocupação do solo no município de Anápolis para o ano de 2017.

Classes de uso do solo	Área em Km ²	Percentual relativo à área municipal
Agricultura	88,37	9,44
Água	0,71	0,08
Área Urbana	191,61	20,47
Pastagem	348,97	37,27
Florestas	137,27	14,66
Queimadas	36,48	3,90
Solo exposto	132,79	14,18
Total	936,2	100

Fonte: Santos (2018).

5.4 Contexto Geológico

5.4.1 Geologia Regional

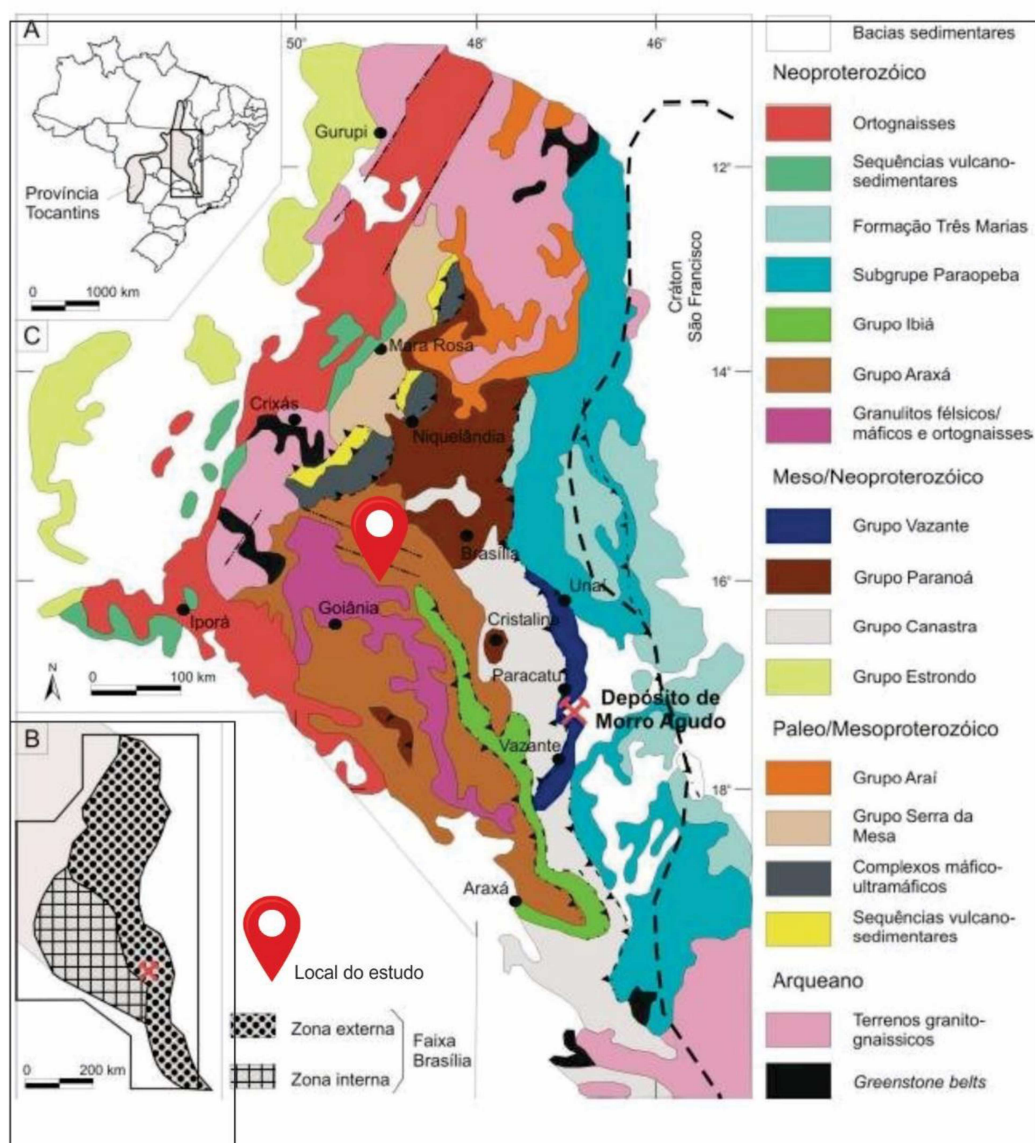
A geologia da área de estudo, o município de Anápolis- Goiás, pertence ao contexto regional- geotectônico da Província do Tocantins (Almeida et al. 1977, 1981, Almeida & Hasui 1984), entre os crátons do São Francisco e o Amazônico (Fig. 5). Os limites norte e sul são encobertos pelos depósitos fanerozóicos das bacias do Parnaíba e Paraná, respectivamente.

Esta província orogênica neoproterozóica, apresenta dupla vergência estrutural, encontra-se no Brasil central e integra o sistema Brasileiro/Pan-Africano. Possui direção geral norte-sul com cerca de 2.000 km de comprimento e até 800 km de largura. Compreende as faixas dobradas Araguaia e Paraguai a oeste, edificadas na margem do Cráton Amazônico, e a Faixa Brasília estabelecida na margem do Cráton do São Francisco, onde se encontra o Arco Magmático de Goiás (Pimentel et al. 1991, Pimentel & Fuck 1992).

A Faixa Brasília, que é a principal unidade desta província, ocupa uma área alongada N-S de aproximadamente 1000 km de extensão, e está dividida de oeste para leste em Arco

Magmático de Goiás de idade Neoproterozóica, Maciço de Goiás do Arqueano/Paleoproterozóico e o cinturão de dobras e empurrões de antepaís, com embasamento Paleoproterozóico, com o grau metamórfico decrescendo à medida que se segue no sentido leste. Um núcleo metamórfico de alto grau, chamado Complexo Anápolis-Itauçu, é exposto ao sul, em torno do eixo central desta faixa (Fuck et al. 1994, Pimentel et al. 2000, Dardenne 2000 e Valeriano et al. 2008).

Figura 5. A) Localização de Província Tocantins no território brasileiro. B) Detalhe da referida província enfocando a faixa Brasília e sua Zonas Interna e Externa. C) Mapa geológico regional da Faixa Brasília.



Fonte: (Dardenne, 2000), com a compartimentação proposta por Fuck et al. 2005.

5.4.2 Geologia Local

Os poços tubulares, objetos deste estudo, estão localizados no contexto de contato geológico das rochas das unidades Complexo Granulítico Anápolis-Itauçu (ortogranulitos) e Coberturas Detrítico-Lateríticas, conforme mapa geológico a seguir (Fig.6).

Complexo Granulítico Anápolis - Itauçu

O Complexo Granulítico Anápolis-Itauçu caracteriza uma provável seqüência do Arqueano ao Proterozóico Inferior, definida por Marini et al. (1984), representada por ortognaisses granulíticos e paragnaisses aluminosos de alto grau e seus derivados anatóticos.

O complexo é constituído por granulitos básicos, metapiroxenitos, hiperstênio granulitos félsicos e metagranitos, aos quais se associam granulitos aluminosos ricos em sillimanita e granada, possivelmente derivados de sedimentos. Também são conhecidos granulitos aluminosos que representam antigos corpos graníticos. As rochas granulíticas do Complexo Anápolis-Itauçu estão limitadas pelas coberturas dobradas do Grupo Araxá, sendo as relações de contato marcadas por zonas de cisalhamento (Baêta Junior, 2001).

Os contatos entre os orto e os paragranulitos estão relacionados com a tectônica regional, caracterizada por intensa deformação milonítica, representada por transposição da foliação e expressivo estiramento mineral. Os métodos geofísicos de magnetometria e cintilometria foram utilizados por Baêta Junior (2001) para auxiliar a separação entre os orto e paragranulitos. As sessões terrestres, ortogonais à estruturação geológica regional, permitiu separar faixas com altos gradientes magnéticos.

A unidade ortoderivada, onde localizam-se os poços, engloba rochas ígneas metamorfizadas na fácies granulito e correspondem ao conjunto de piroxenito/gnaisses gábricos, e às metabásicas e metaultrabásicas granulitizadas e/ou as típicas da transição entre as fácies anfibolito/ granulito, descritas na folha geológica (Goiânia) SE.22 X-B, do Serviço Geológico do Brasil. É composta por charnockitos (ck) e/ou enderbitos (ed); metagabros (mgb) e metanortositos, metapiroxenitos (mpx) e metavulcânicas básicas (mvp) e seus derivados transformados: talco xisto (tx) e/ou serpentinito. Por vezes, apresenta granulitos paraderivados associados. As principais exposições rochosas são constituídas por blocos basculados de dimensões centimétricas a métricas e raros lajeiros com área aflorante de poucas dezenas de metros quadrados (Baêta Junior, 2001).

Coberturas Superficiais

As Coberturas Detrítico-Lateríticas, desenvolveram-se sobre as unidades geológicas pré-cambrianas do Complexo Anápolis – Itauçu. Essa unidade é descrita pela CPRM (Bonfim, 2010) por solos areno-argilosos avermelhados, semiconsolidados, mal classificados, com espessura superior a 10m, que se apresentam parcialmente laterizados. Lacerda Filho e Oliveira (1994) identificaram quatro horizontes nessas coberturas:

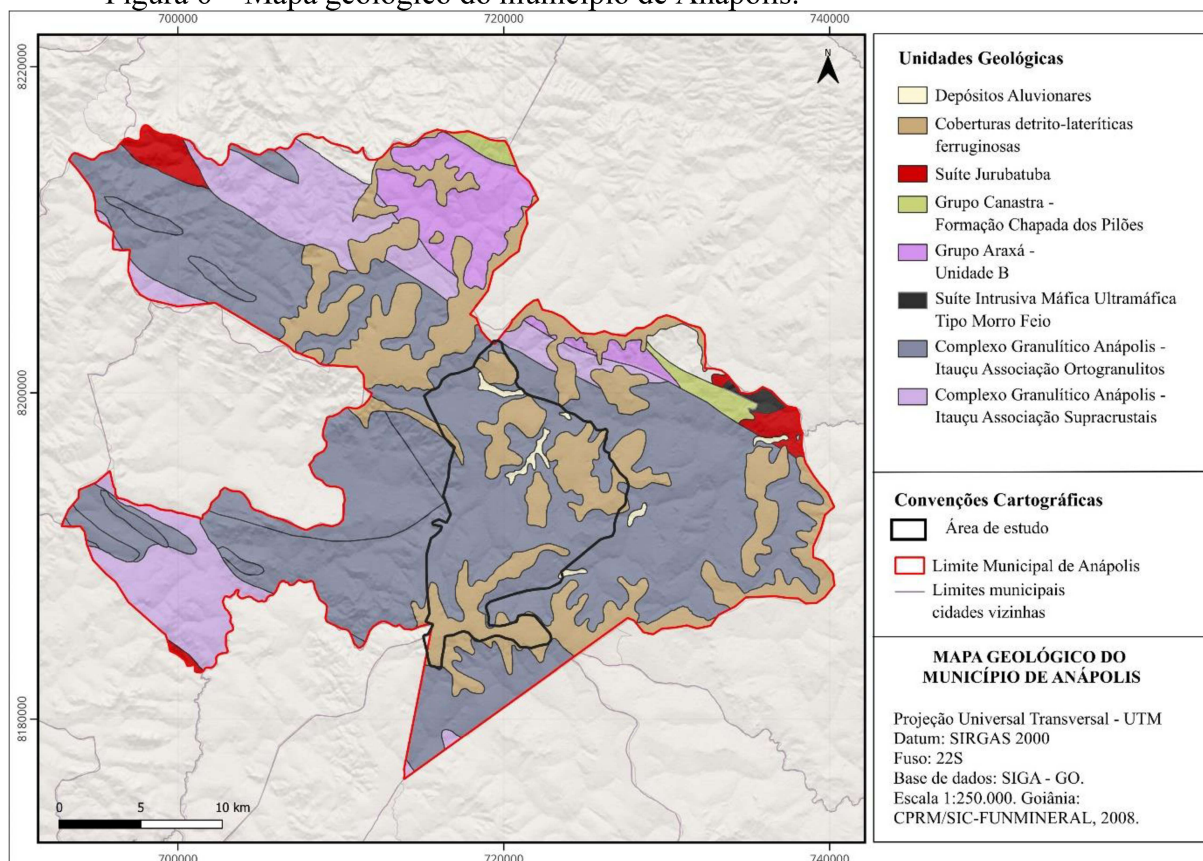
Superficial – solo areno-argiloso, desestruturado, com espessura inferior a 1m e de cores amareladas a avermelhadas;

Ferruginoso – constitui a crosta laterítica propriamente dita, com espessura média de 1,5m a 3m, formada por concreções limoníticas, parcialmente cimentadas por óxidos/hidróxidos de ferro e alumínio;

Argiloso – solo de caráter saprolítico, tendo cores avermelhadas e espessura de até 15m; e;

Pálido – ocupa a interface rocha fresca/saprólitos, tendo forma irregular, cores claras e espessura menor que 2m.

Figura 6 – Mapa geológico do município de Anápolis.

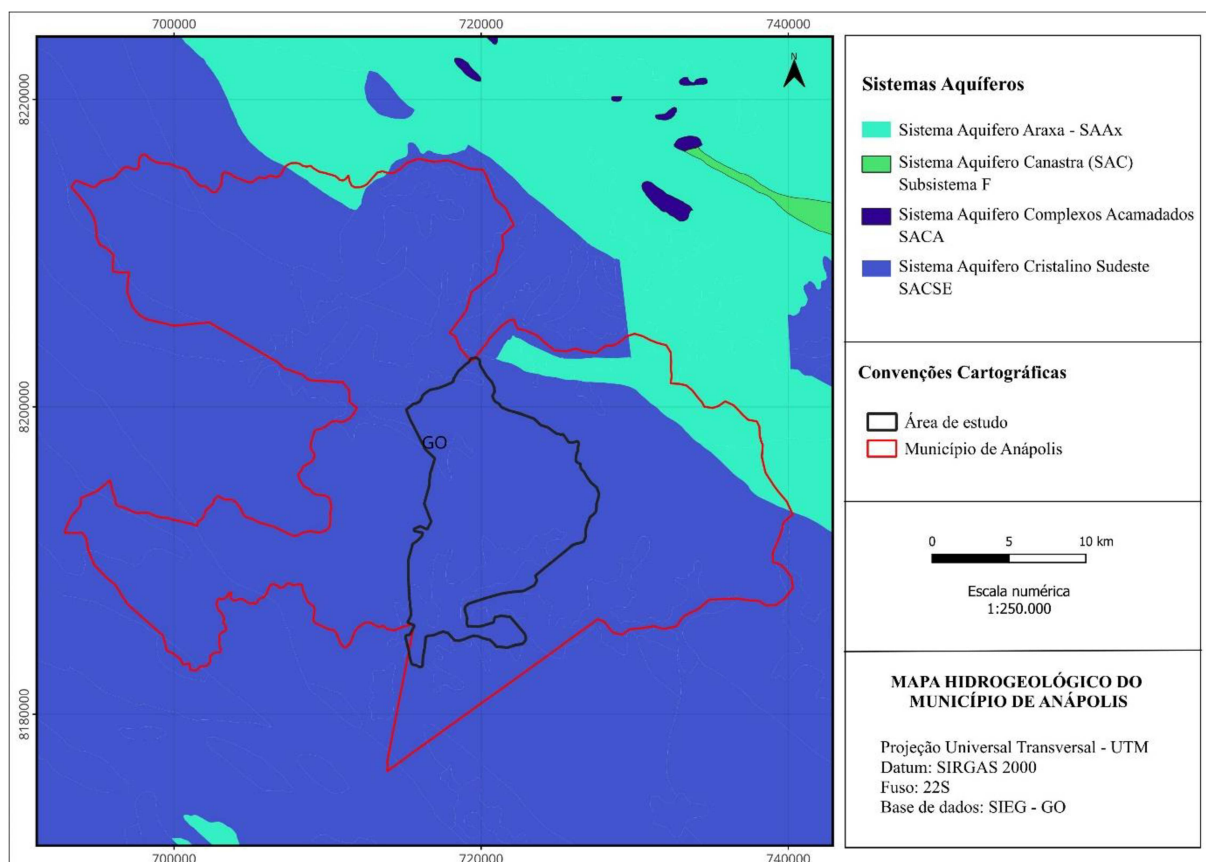


Fonte: SIGA – GO, CPRM – FUNMINERAL, 2008.

5.5 Caracterização Hidrogeológica

Com base na proposta de classificação dos aquíferos do estado de Goiás (Almeida et al., 2006), a área de estudo está situada dentro do contexto hidrogeológico do Embasamento Fraturado, no Sistema Aquífero Cristalino Sudeste – SACSE (Fig.7).

Figura 7. Mapa hidrogeológico com informações dos sistemas aquíferos para o município de Anápolis e área de estudo.



Fonte: Autor (2025).

5.5.1 Sistema Aquífero Cristalino Sudeste (SACSE)

O Sistema Aquífero Cristalino Sudeste (SACSE), segundo Almeida et al., (2006) está associado às rochas do Complexo Granulítico Anápolis-Itauçu, composto por granitóides, granitos e gnaisses situados a sul da Sintaxe dos Pirineus até o extremo sudeste do estado.

Em termos de parâmetros hidrodinâmicos, Almeida et al., (2006) expõe os seguintes dados: condutividade hidráulica (K) média é de $8,8 \times 10^{-7}$ m/s e a transmissividade média é de $1,3 \times 10^{-4}$ m²/s. A vazão média é de 6 m³/h, e a vazão específica média é de 0,183 m³/h/m. A comparação de dados de vazões indica um contraste entre as vazões de poços entre terrenos granulíticos e granito-gnáissicos, com variação média de cerca de 100% (as vazões médias dos granulitos é de 3 m³/h e as vazões dos granitos e gnaisses fica em torno de 7,3 m³/h).

Esses resultados podem estar relacionados à atividade tectônica de alívio que durante a formação desse sistema ocasionou maior pressão nos terrenos granulíticos, que foram posicionados de forma rápida em porção crustal rasa, possibilitando a formação de fraturas e, conseqüentemente, maior produtividade média nos poços localizados nessa região (Almeida et al., 2006; Lacerda Filho, 2008).

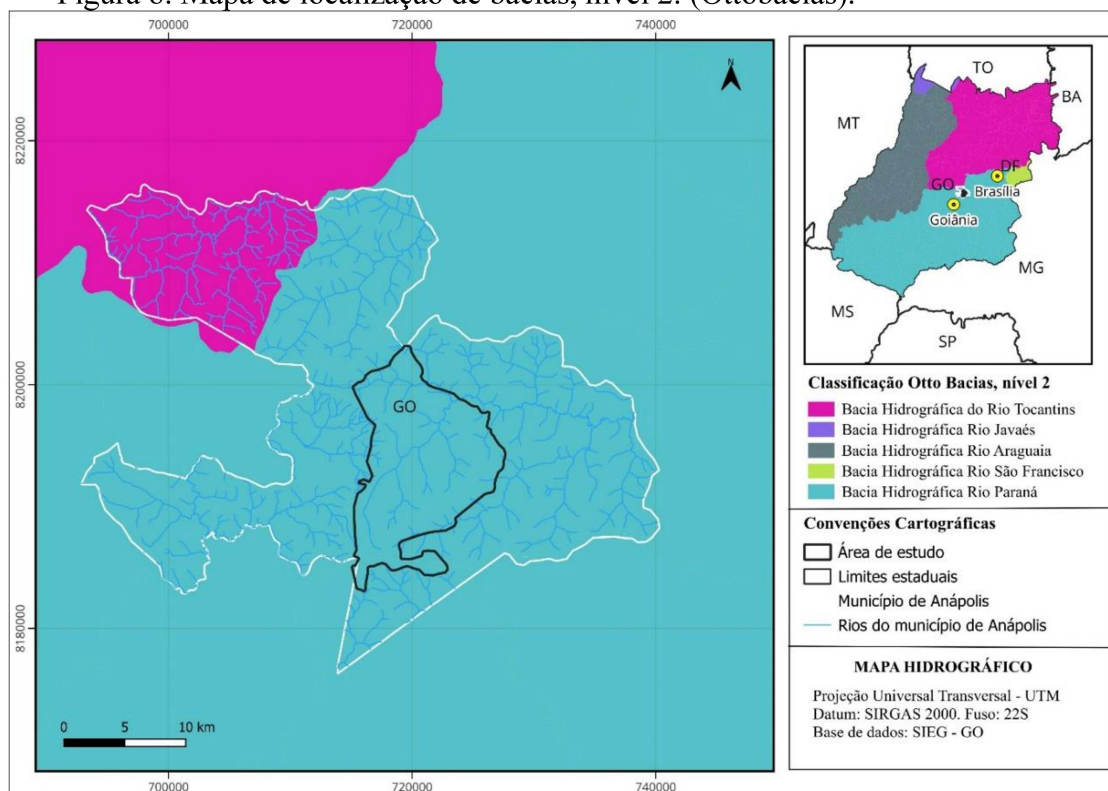
5.6 Caracterização Hidrográfica

O município de Anápolis situa-se no divisor de águas das Bacias Hidrográficas dos rios Tocantins e Paraná (Fig. 8), o que confere ao município papel estratégico na dinâmica hídrica regional. O município possui uma densa rede de cursos d'água de pequeno e médio porte, em geral de regime pluvial (dependentes das chuvas).

Destacam-se:

- Ribeirão Piancó – importante manancial de abastecimento da cidade, integrante da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Piancó (BHRP).
- Ribeirão João Cesário.
- Córrego Extrema.
- Córrego Antas.
- Córrego das Pedras.

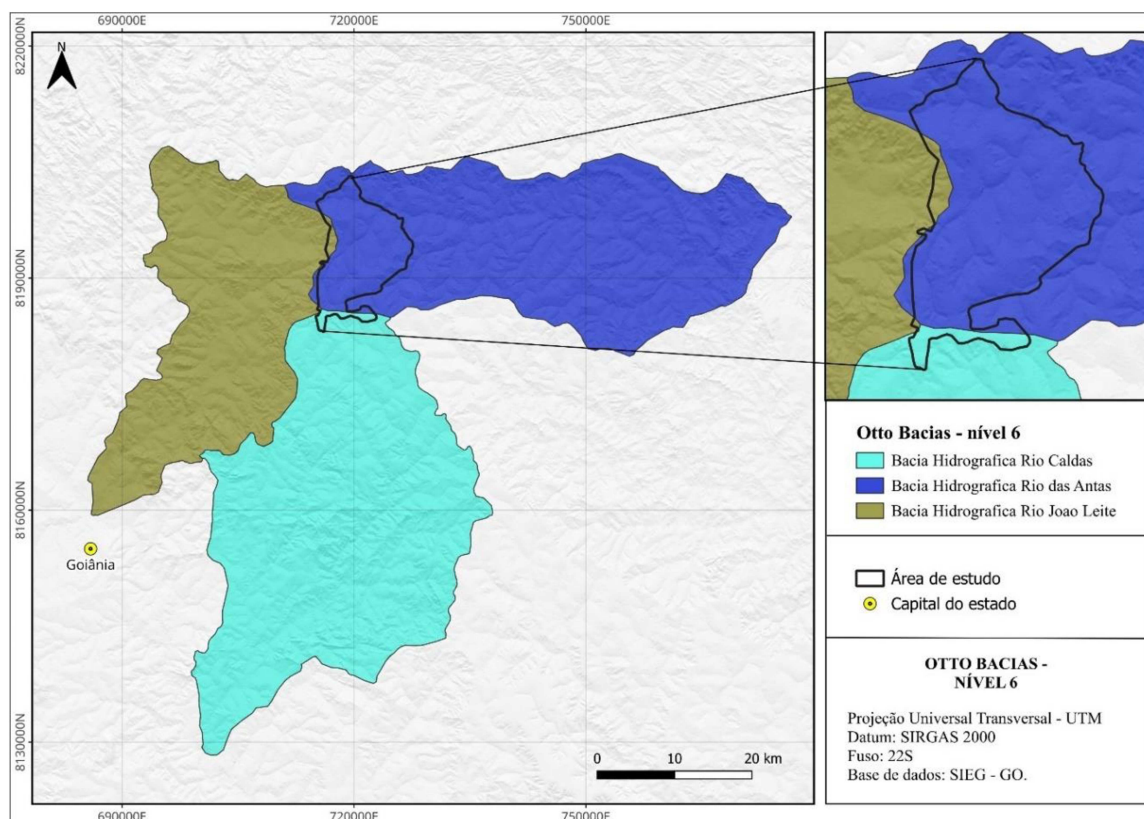
Figura 8. Mapa de localização de bacias, nível 2. (Ottobacias).



Fonte: Autor (2025).

A partir da Base Hidrográfica Ottocodificada (BHO) utilizada pela ANA na gestão de recursos hídricos, em seu nível 6, a área de estudo está inserida principalmente da Bacia Hidrográfica do Rio das Antas, fazendo contato também com Rio Caldas e Rio João Leite (Fig. 9).

Figura 9. Mapa de localização de bacias, nível 2. (Ottobacias).

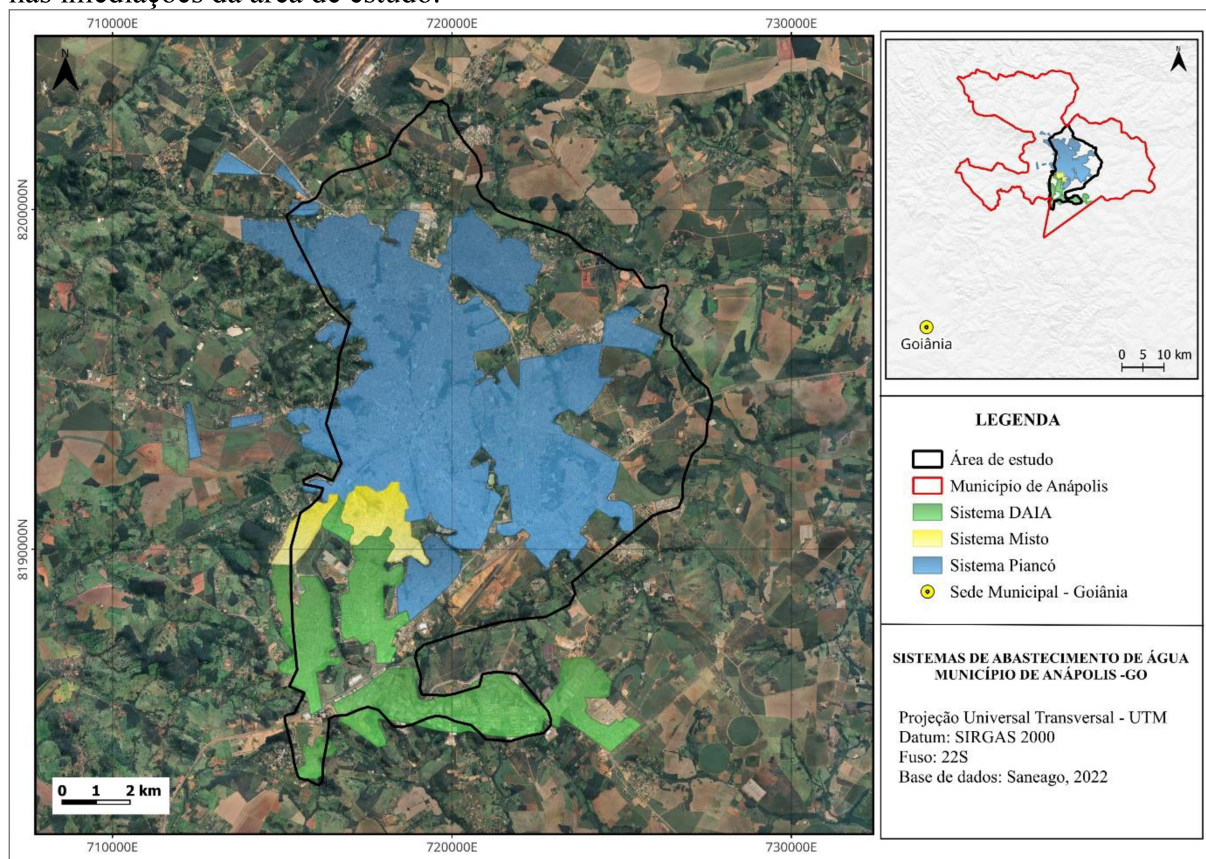


Fonte: Autor (2025).

5.7 Aspectos sobre o abastecimento de água do município de Anápolis

O Sistema de Abastecimento de Água (SAA) no Município de Anápolis é dividido em quatro sistemas, três deles em captação superficial – DAIA, Misto e Piancó - (Fig.10) e um sistema independente caracterizado por poços tubulares (SANEAGO, 2023).

Figura 10. Mapa de localização e classificação dos sistemas de abastecimento de água nas imediações da área de estudo.



Fonte: Autor (2025).

Sistema Piancó: Região do Município de Anápolis abastecida pela captação principal feita no Ribeirão Piancó, tendo como reforço as captações no Ribeirão Anicuns (Piancó 2) e Rio Capivari. Sendo a última, uma captação provisória apenas para reforço do sistema em caso de falta de nível no Piancó 2, pois é acionada via gerador de energia elétrica.

Sistema DAIA: Região do Município de Anápolis abastecida pela água fornecida através do contrato nº 832021 com a Companhia de Desenvolvimento Econômico de Goiás – CODEGO. A captação nesse sistema fica no Ribeirão Caldas.

Sistema Misto: Corresponde a região do Município que atualmente é abastecida pelo Sistema Piancó, mas pode ser revertida para ser abastecida pelo Sistema DAIA.

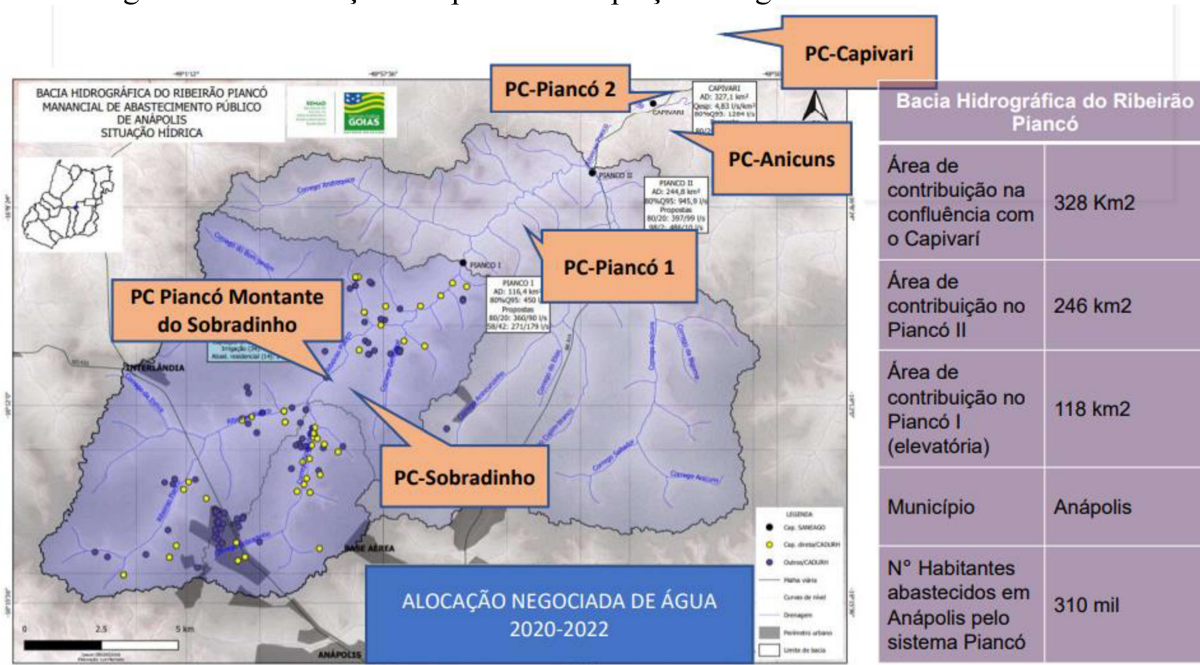
Sistemas Independentes: São as regiões abastecidas por sistemas de poços artesianos.

A Bacia Hidrográfica do Ribeirão Piancó (BHRP), abastece cerca de 80% da população de Anápolis, além de ser vital para irrigação e atividades agrícolas locais. O Ribeirão do Piancó (RP) recebe descargas provenientes de várias atividades, entre as quais se destacam os efluentes

domésticos, o deflúvio superficial urbano e o carreamento de substâncias associadas a práticas agrícolas.

As três fontes de captação do Sistema Piancó (Piancó 1, Piancó 2 e Capivari) possuem, respectivamente, as seguintes vazões: 1.010 l/s, 700 l/s e a 250 l/s (SANEAGO, 2023). As duas captações somente são acionadas durante o período de estiagem, nos meses de julho a dezembro. Com relação às Estações de Tratamento de Água (ETAs), são duas unidades, sendo uma Convencional com capacidade de tratamento de 860 l/s e uma Compacta, que trata 150 l/s (Fig.11).

Figura 11. Localização dos pontos de captação de água nos Sistemas Piancó e DAIA.



Fonte: SANEAGO (2023).

6 METODOLOGIA

6.1 Levantamento de referências bibliográficas

Para a execução deste trabalho, foram realizados levantamentos bibliográficos e consultas a bases de dados especializadas. Foram examinadas obras de referência essenciais no âmbito da geologia regional e da hidrogeologia, incluindo artigos científicos, publicações acadêmicas, relatórios técnicos, dissertações de mestrado, teses de doutorado, livros técnicos e demais fontes reconhecidas. A seleção minuciosa dessas referências teve como finalidade assegurar a abrangência e a profundidade necessárias na abordagem dos aspectos geológicos e hidrogeológicos característicos da área de estudo.

6.2 Levantamento e tratamento da base de dados

Neste trabalho, as bases de dados utilizadas, referentes ao município de Anápolis, foram obtidas a partir das três fontes distintas:

- Dados de poços do Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS, CPRM), obtidos via *site*, em formato de planilha de excel e dados vetoriais;
- Dados de poços do Sistema Estadual de Geoinformações (SIEG), obtidos via *site*, em formato de dados vetoriais;
- Dados do Saneamento de Goiás S.A (SANEAGO), obtidos via *site*, em formato de imagens, onde foram extraídos os limites dos Sistemas de Abastecimento do município.

Na tabela apresentada encontram-se dados de identidade (ID), cota da boca do poço, profundidade do NE, profundidade do ND, rebaixamento, vazão, capacidade específica, cota do NE (carga hidráulica) e coordenadas. Estes dados passaram por tratamentos para padronização, seleção e complementação de informações.

As bases de dados fornecidas por SIAGAS e SIEG contemplavam parcialmente as cotas dos poços, sendo necessária a extração das mesmas por meio do processamento do Modelo Digital de Elevação – MDE com resolução espacial de 30 metros. Para tal operação, foi utilizado o complemento (*plugin*) “Open Topography DEM” no QGIS 3.42. O segundo passo foi usar a ferramenta do QGIS chamada “planejar cota (Z)”, onde foram obtidas as mesmas.

Outro recurso para obtenção e padronização dos dados foi a “calculadora de campo” da tabela de atributos do *software* QGIS. Com a calculadora de campo foi possível executar expressões matemáticas que resultaram em dados imprescindíveis para realização do trabalho, tais como, dados de cota do nível da água e capacidade específica.

6.3 Mapa potenciométrico

A superfície da água subterrânea em um aquífero é representada por um mapa potenciométrico. Ele mostra a flutuação do nível de água subterrânea em várias partes do aquífero e é uma ferramenta útil para compreender melhor o fluxo de água subterrânea em um local específico (Freeze; Cherry, 1979).

De acordo com as leituras realizadas nos poços que tem fiscalização, é viável que se construa uma malha com pontos de nível d'água para mostrar a superfície da água subterrânea dentro do aquífero. Então, essa malha de pontos é interpolada usando técnicas matemáticas como a krigagem para criar um mapa potenciométrico (Freeze; Cherry, 1979).

Em acordo com a referência citada acima e para a realização do “modelamento hidrogeológico potenciométrico”, usou-se a fórmula na calculadora de campo da tabela de atributos do QGIS:

$$H = Z - NE$$

Onde: H = carga hidráulica

Z = cota da boca do poço

NE = nível estático

6.4 Mapa de capacidade específica

A Capacidade Específica é um parâmetro que define a capacidade de produção dos poços. É a razão entre a vazão (m^3/h) e o rebaixamento (m), sendo expressa em $m^3/h/m$. Para produzir o modelo de capacidade específica, primeiro foi calculado o rebaixamento do poço com a fórmula, dentro da calculadora de campo:

$$S = ND - NE$$

Onde: S = rebaixamento;

ND = nível dinâmico;

NE = nível estático.

Após obtenção do rebaixamento, foi calculada a capacidade específica usando a seguinte expressão na calculadora de campo:

$$C. \text{ esp.} = Q / S$$

Onde: C. esp. = capacidade específica

Q = vazão do poço

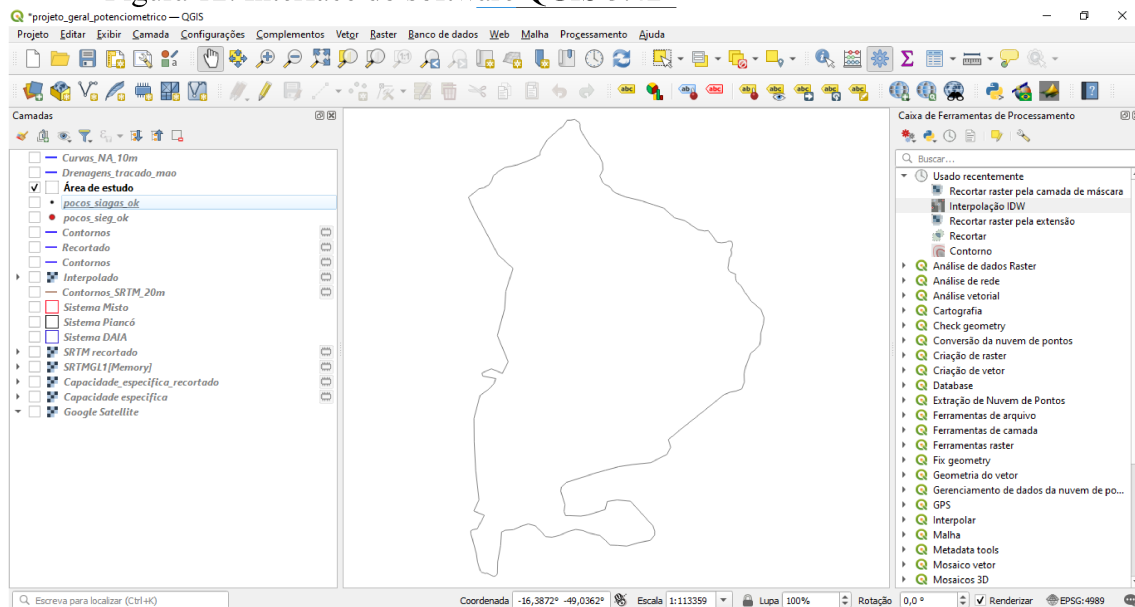
S = rebaixamento

6.5 Método utilizado para o modelamento hidrogeológico no software *QGIS 3.42*.

O software QGIS (Fig.12), é um Sistema de Informação Geográfica (SIG), ele permite a captura, armazenamento, edição, análise e visualização de dados geográficos, facilitando a criação de mapas interativos e a geração de relatórios e análises espaciais complexas. Ele é uma ferramenta importante para trabalhar com dados georreferenciados, como pontos, linhas e polígonos, auxiliando em diversas áreas que necessitam de informação espacial.

É uma ferramenta útil e amplamente utilizada para a interpolação de dados, pois, oferece diversas funcionalidades para criar superfícies contínuas a partir de dados pontuais. Ele suporta métodos determinísticos, como IDW (Inverso Ponderado da Distância), permitindo gerar mapas de variáveis como elevação, temperatura ou precipitação.

Figura 12. Interface do software QGIS 3.42



Fonte: Autor (2025).

Em posse dos dados de carga hidráulica e capacidade específica dos poços, foi utilizado o mesmo método dentro do *software* QGIS para obtenção das modelagens e confecção dos mapas, através dos seguintes passos:

Passo 1 – Abrir a ferramenta “Interpolação IDW”, presente na caixa de ferramentas (ilustrada na figura 12);

Passo 2 – Selecionar as camadas vetoriais de interesse (camadas de pontos dos poços tubulares SIEG e SIAGAS);

Passo 3 – Selecionar o Atributo de Interpolação (Nível da Água e Capacidade Específica, cada atributo por vez);

Passo 4 – Ajustar o tamanho dos pixels de acordo com a necessidade;

Passo 5 – Executar a interpolação;

Com a interpolação feita, é gerado um arquivo do tipo “*Raster*”, que é representado por uma imagem composta por uma malha de *pixels* com valores embutidos. Para o caso do mapa de capacidade específica, o arquivo “*Raster*” é o produto final, que pode passar por tratamentos a depender da necessidade. Enquanto para obtenção do mapa potenciométrico, este arquivo serve como base para extração das linhas equipotenciais, que representam neste contexto as linhas de mesma carga hidráulica.

A continuação do passo a passo, a partir do passo de número 6, é referente apenas para a obtenção do modelo potenciométrico.

Passo 6 – Abrir a janela “*Raster*” no topo do software;

Passo 7 – Extrair;

Passo 8 – Contorno;

Passo 9 – Atribuir valores de elevação às linhas por meio dos rótulos;

Passo 10 – Por fim, editar o produto de acordo com a necessidade.

7 RESULTADOS E DISCUSSÕES

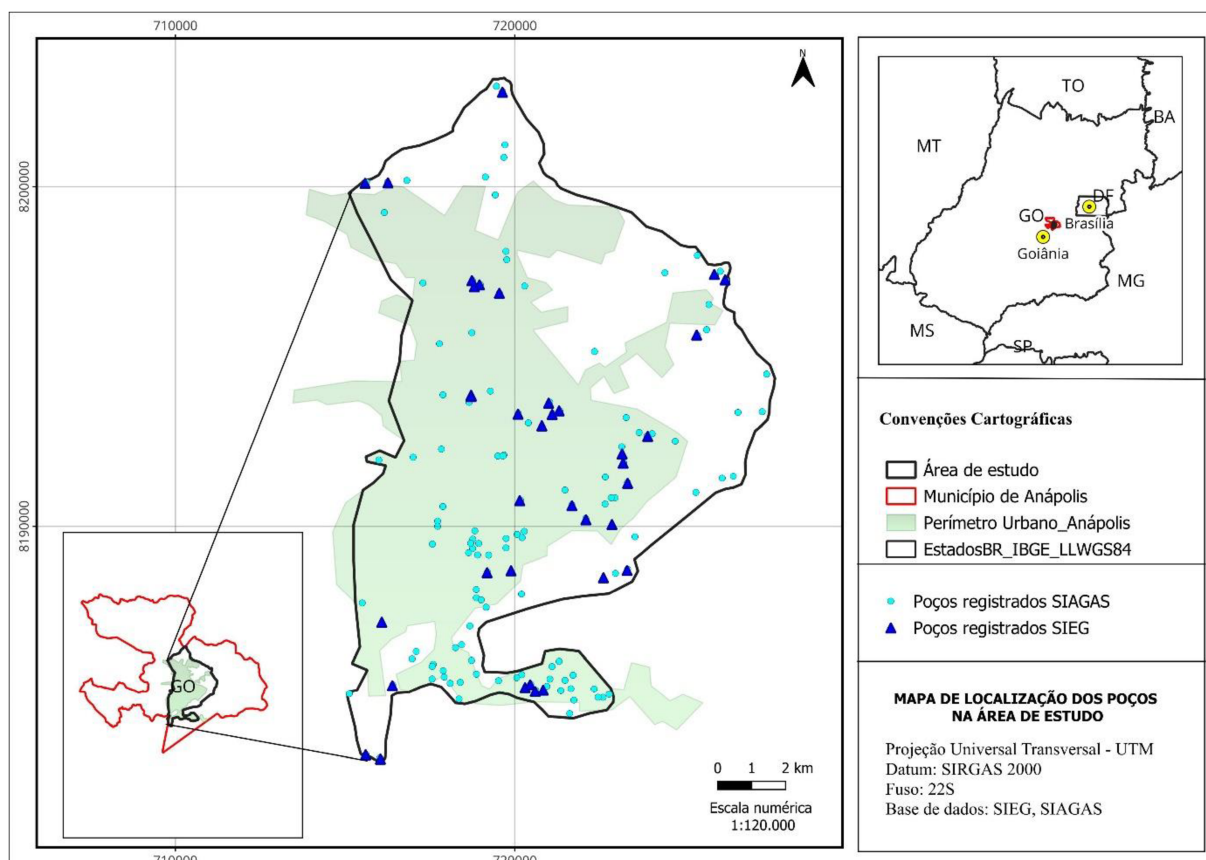
A caracterização hidrogeológica da área foi fundamentada na análise e avaliação do cadastro de poços tubulares do estado de Goiás, através dos dados disponibilizados pelo SIEG (Sistema Estadual de Geoinformação) e as informações adquiridas pelo banco de dados do SIAGAS (Sistema de Informações de Águas Subterrâneas - CPRM). Embora exista um número relativamente grande de poços na região, a maioria não dispõe de dados técnicos como perfil litológico, perfil construtivo e principalmente os testes de bombeamento.

A carência de detalhamento do mapeamento hidrogeológico do estado de Goiás, elaborado na escala 1:1.000.000, somada à ausência de informações construtivas e litológicas dos poços, impossibilitou compreender se os aquíferos estão associados ao aquífero granular referente as Coberturas Detrítico-Lateríticas Terciárias e Quaternárias, ao aquífero fraturado referente ao Complexo Granulítico Anápolis-Itaucú ou mesmo a uma combinação de ambos (misto), porém, foram considerados aquíferos livres.

Diante desse cenário, os modelos elaborados neste trabalho pressupõem um comportamento que se aproxima ao esperado para aquíferos homogêneos e isotrópicos.

Os poços localizados na área de estudo estão representados no mapa da figura 13, cujos dados foram obtidos a partir da base de informações do Sistema Estadual de Estatística e Informações Geográficas de Goiás (SIEG) e do Sistema de Informações de Águas Subterrâneas do Serviço Geológico do Brasil (SIAGAS).

Figura 13. Mapa de localização dos poços registrados na área de estudo, perímetro urbano de Anápolis e imediações.



Fonte: O Autor (2025).

Foram elaboradas duas tabelas de dados em anexo, uma com dados de poços do SIAGAS (Anexo 01) e outra do SIEG (Anexo 02), contendo as seguintes informações: identificação (ID), coordenadas geográficas (latitude e longitude em graus, minutos e segundos), cota da boca do poço, nível estático (N.E.), nível dinâmico (N.D.), vazão do poço (Q), rebaixamento (s), carga hidráulica e capacidade específica.

A seguir serão apresentados e discutidos os dados disponibilizados por cada uma das fontes, SIAGAS e SIEG, respectivamente. A partir dos dados tabelados foram gerados gráficos de frequência para cada fonte de dados de forma isolada. Já os mapas potenciométricos e mapa de capacidade específica foram gerados com os dados compilados.

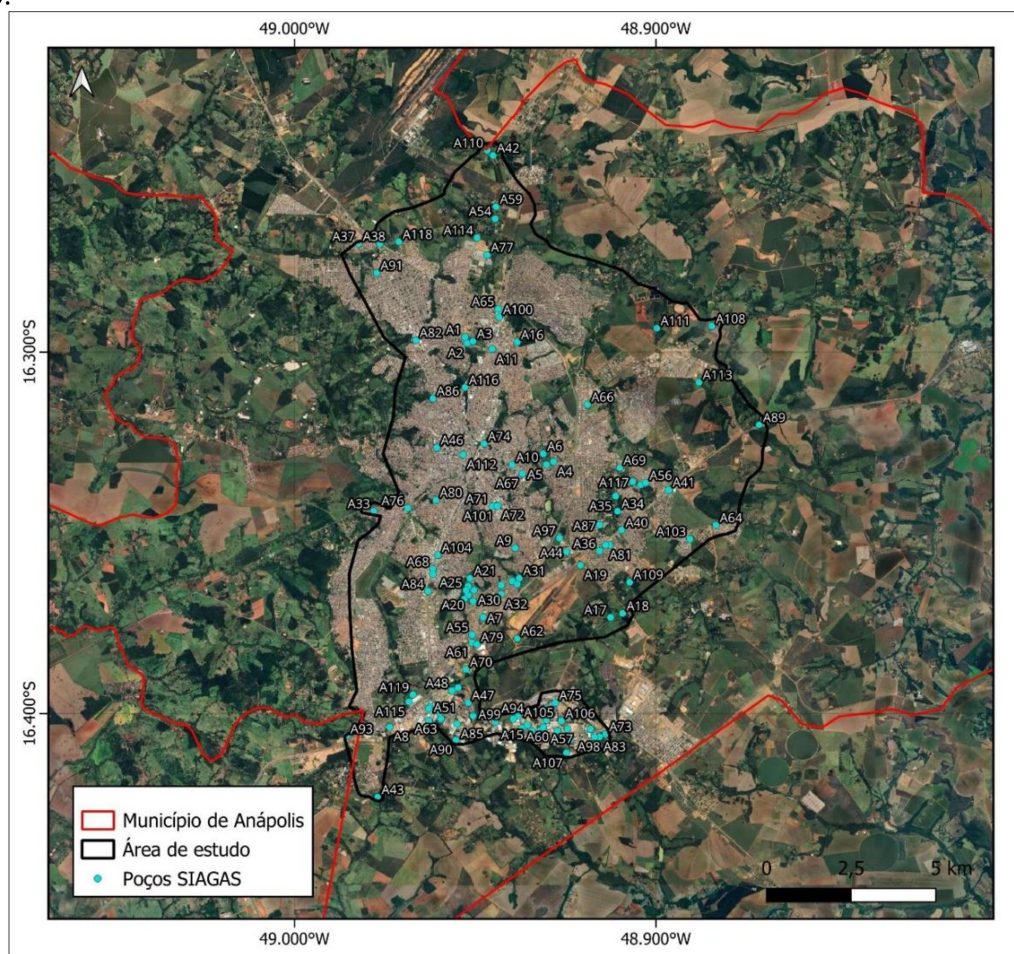
7.1 Dados do SIAGAS

A Tabela 4 (anexo 01), apresenta dados de 120 poços cadastrados pelo SIAGAS e que estão distribuídos ao longo do perímetro urbano de Anápolis e suas imediações (Fig. 14). Estes dados foram identificados por A1 até A120. Os dados do SIAGAS foram obtidos através de

do banco de dados disponível no site do Sistema de Informações de Águas Subterrâneas do Serviço Geológico do Brasil.

Outros poços cadastrados no SIAGAS não foram considerados neste estudo em razão da ausência de informações essenciais, como nível estático e vazão, ou por estarem excessivamente distantes da área de maior concentração de poços — condição que poderia comprometer a interpolação dos dados. Assim, foram selecionados apenas os registros referentes aos 120 poços apresentados a seguir.

Figura 14. Mapa de localização dos poços cadastrados no SIAGAS e utilizados neste estudo.



Fonte: Autor (2025).

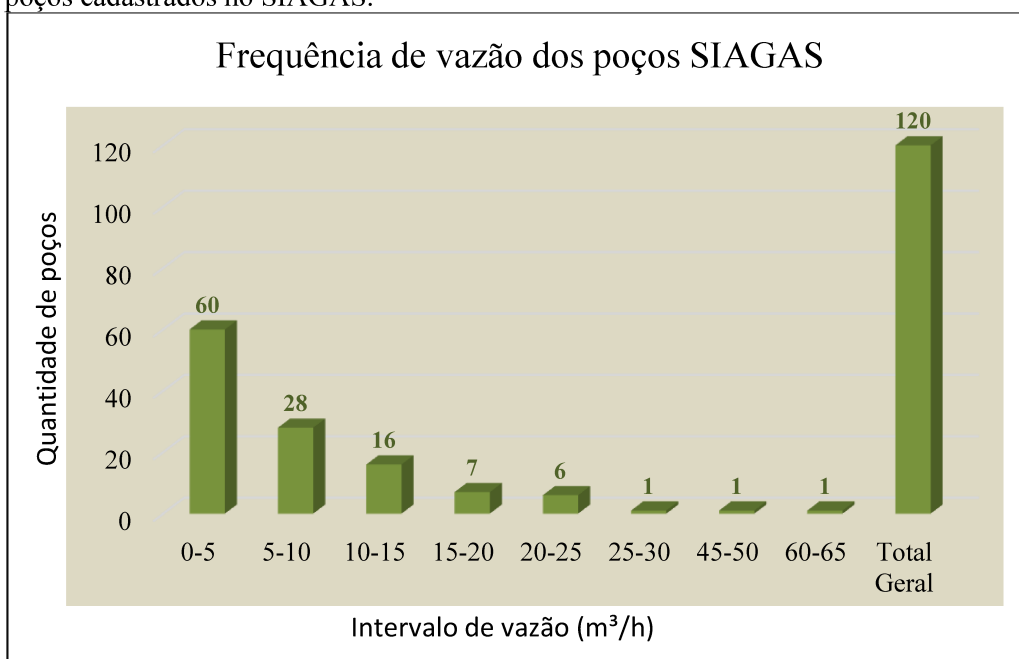
Dos poços do SIAGAS analisados, a vazão (m^3/h) teve valor mínimo de 0,40 e máximo de 62,76. Dos 120 poços, 60, ou seja, 50% apresentam vazão entre 0 e 5 m^3/h (Tab. 2 e Fig. 15). A média de vazão dos poços analisados é aproximadamente 7 m^3/h .

Tabela 2. Comparação de quantidade de poços por intervalo de vazão.

Intervalo de vazão (m³/h)	Quantidade de poços
0-5	60
5-10	28
10-15	16
15-20	7
20-25	6
25-30	1
45-50	1
60-65	1
Total Geral	120

É importante destacar que as vazões dos poços dependem não apenas das características intrínsecas dos aquíferos, como parâmetros hidrogeológicos (porosidade, litologia, transmissividade e coeficiente de armazenamento), geometria e condições de contorno, mas também dos aspectos construtivos do projeto, tais como profundidade do poço, diâmetro da perfuração, aplicação da coluna de revestimento, completação, além dos procedimentos de limpeza e desenvolvimento.

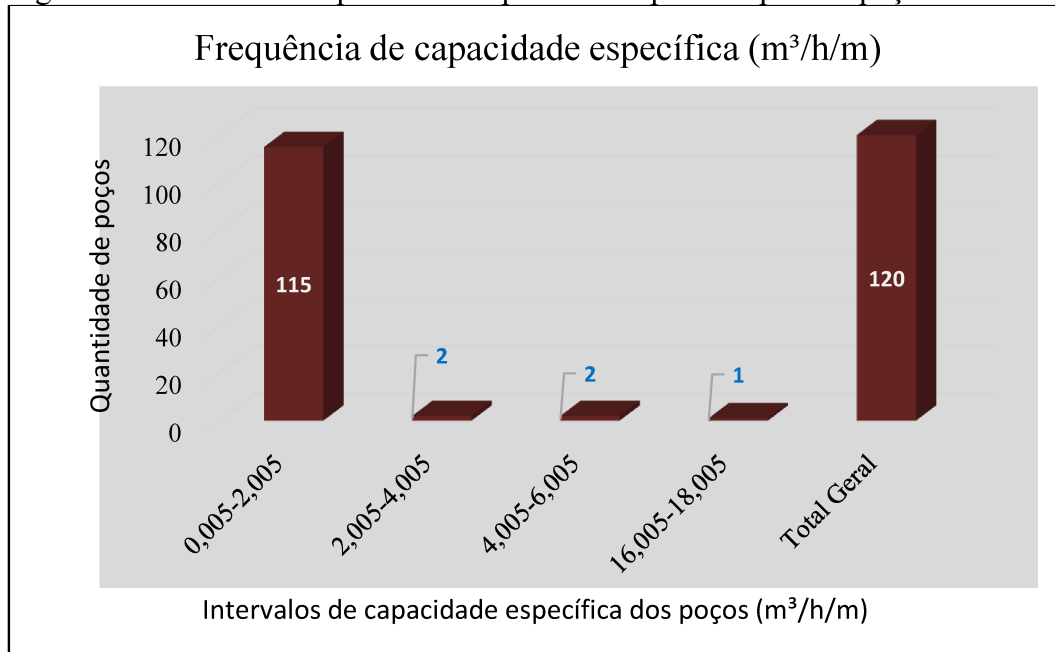
Figura 15. Frequência de valores de vazão dos poços da área urbana de Anápolis e imediações, para os poços cadastrados no SIAGAS.



Fonte: Autor (2025).

O gráfico de frequência da capacidade específica dos poços do SIAGAS (Fig. 16), com frequências divididas em intervalos de 2 unidades, a capacidade específica tem valor mínimo 0,092 e máximo de 0,267 m³/h/m. A maior parte dos poços apresentam capacidade específica entre 0,005 e 2,005 m³/h/m, enquanto um único poço destoa do restante dos dados com uma capacidade específica de 16,490, posicionando-se no intervalo de 16,005 a 18,005.

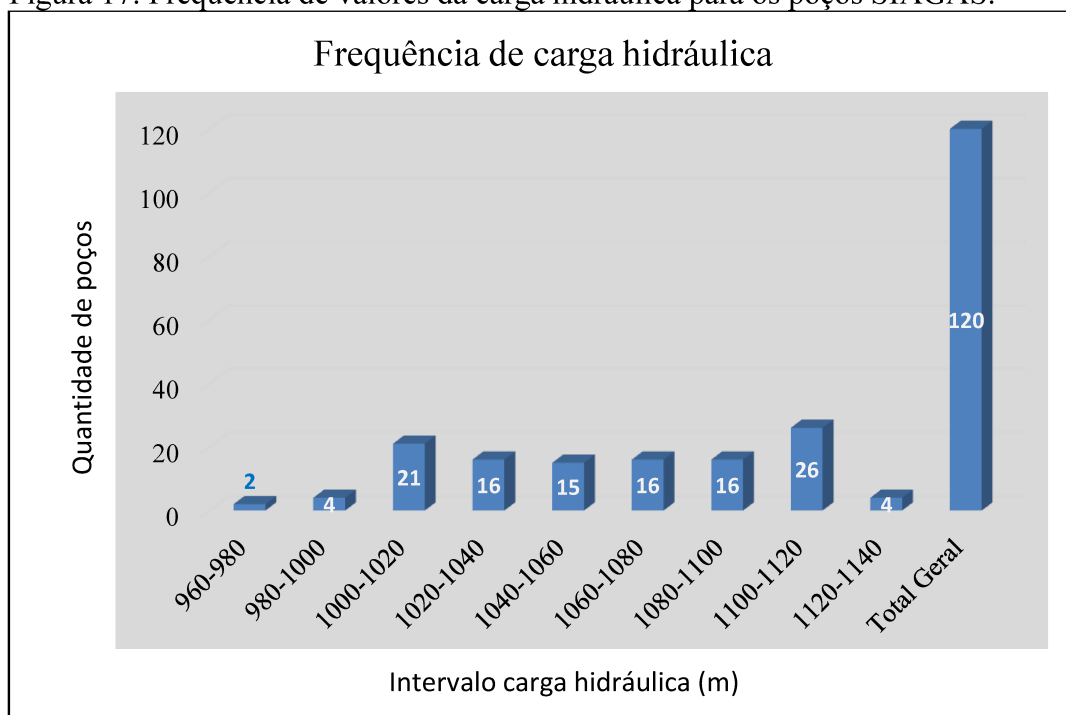
Figura 16. Gráfico de frequência da capacidade específica para os poços SIAGAS.



Fonte: Autor (2025).

No que se refere à carga hidráulica, como apresentado na tabela abaixo os poços apresentaram valores entre 966 e 1133 metros (Fig. 17). Com base nesses dados, foi gerado o mapa potenciométrico (Figura 23), permitindo visualizar as variações da superfície potenciométrica na área de estudo.

Figura 17. Frequência de valores da carga hidráulica para os poços SIAGAS.

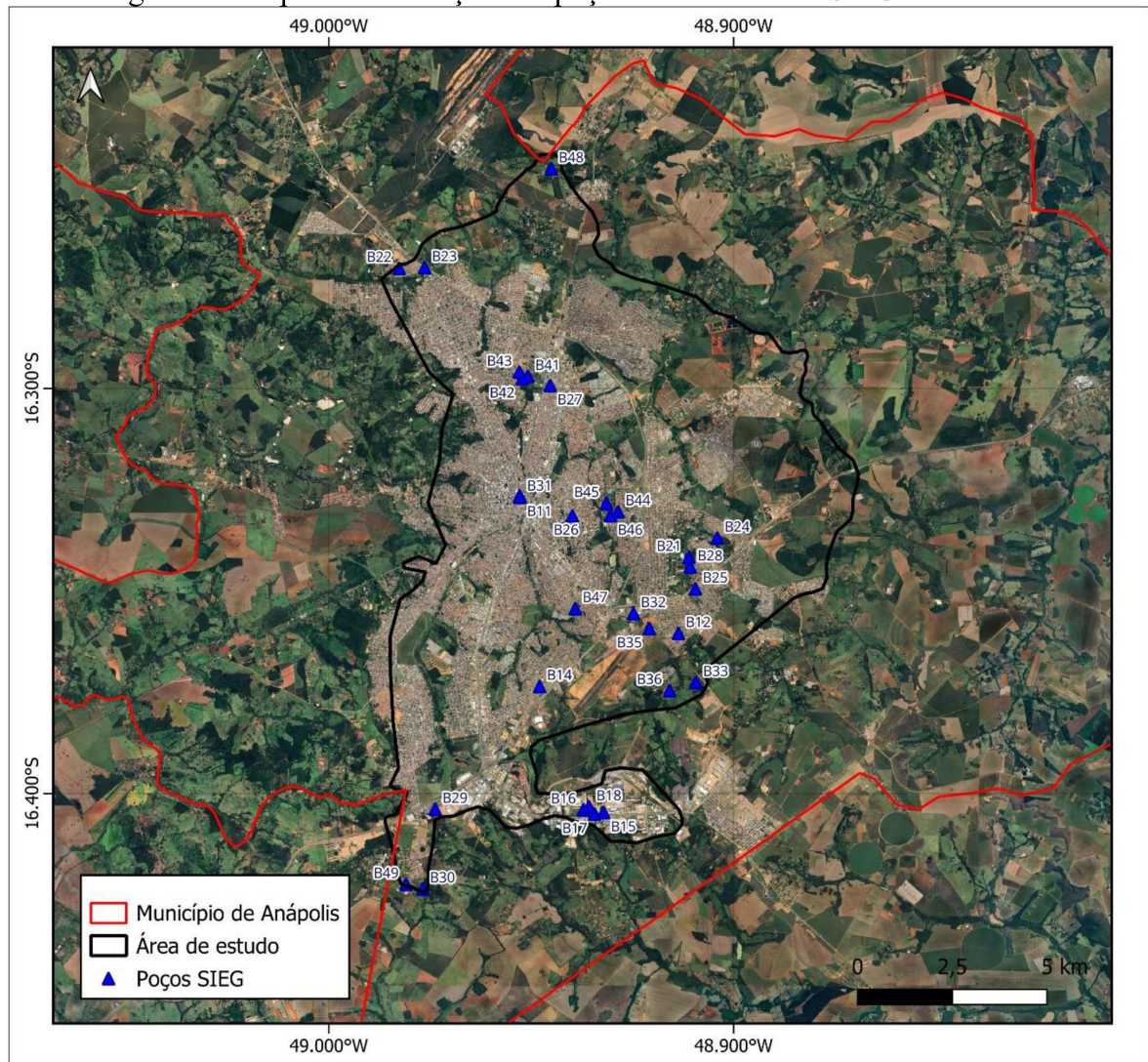


Fonte: Autor (2025).

7.2 Dados do SIEG

Os poços analisados neste estudo foram obtidos a partir do banco de dados do Sistema Estadual de Geoinformação (SIEG) e apresenta informações de 50 poços cadastrados, selecionados pelo autor conforme a presença das informações mínimas necessárias. A identificação dos poços na tabela em anexo e no mapa abaixo segue o padrão de identificação B1 a B50. A figura 18 abaixo expõe a localização desses poços na área de estudo.

Figura 18. Mapa de localização dos poços cadastrados no SIEG na área de estudo.



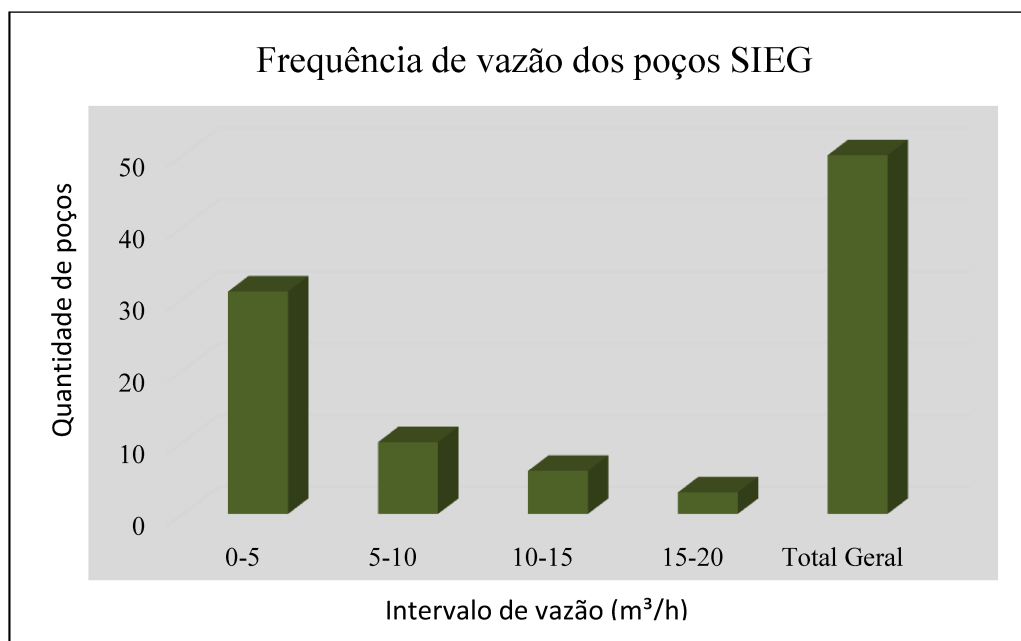
Fonte: Autor (2025).

Dos poços do SIEG analisados, a vazão teve valor mínimo 0,4 m³/h e máximo de 18 m³/h. Existem 31 poços que representam 62% do total, possuindo vazão entre 0 e 5 m³/h, 10 poços possuem vazão entre 5 e 10 m³/h e 9 poços entre 10 e 20 m³/h (Tab. 3). A média de vazão é 5,5 m³/h.

Tabela 3. Comparação de quantidade de poços por intervalo de vazão.

Intervalo de vazão (m ³ /h)	Quantidade de poços
0-5	31
5-10	10
10-15	6
15-20	3
Total Geral	50

Figura 19. Frequência de valores de vazão dos poços da área urbana de Anápolis e imediações, para os poços cadastrados no SIEG.

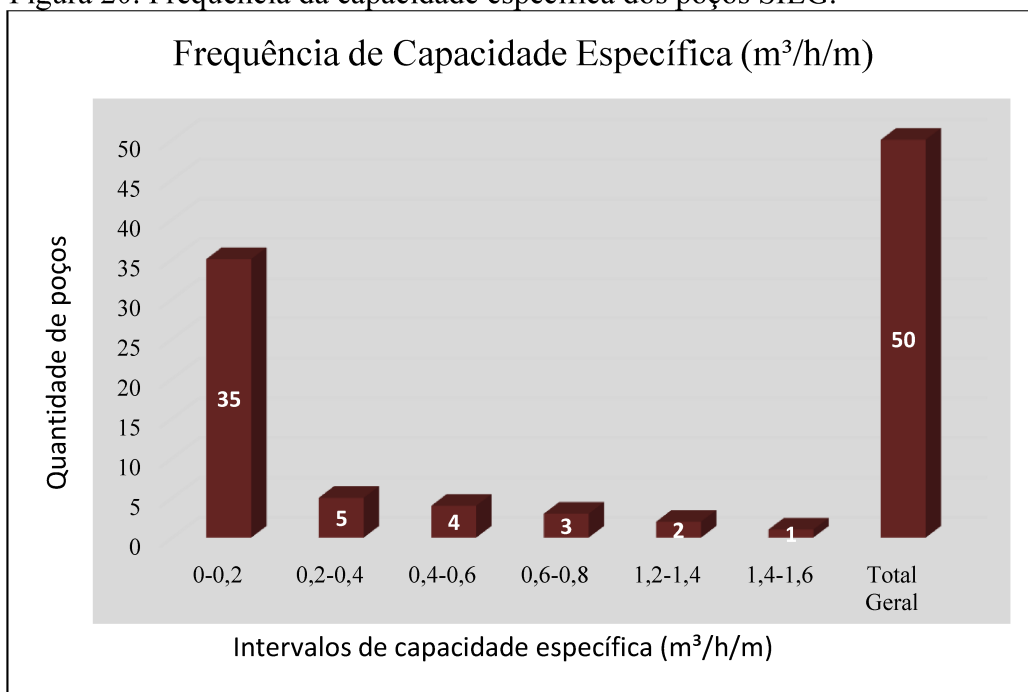


Fonte: Autor (2025)

O gráfico de frequência da capacidade específica dos poços do SIEG (Figura 20), com frequências divididas em intervalos de 2 unidades, a capacidade específica tem valor mínimo 0,092 e máximo de 0,267 m³/h/m. A maior parte dos poços apresentam capacidade específica

entre 0,005 e 2,005 m³/h/m, enquanto um único poço destoa do restante dos dados com uma capacidade específica de 16,490, posicionando-se no intervalo de 16,005 a 18,005.

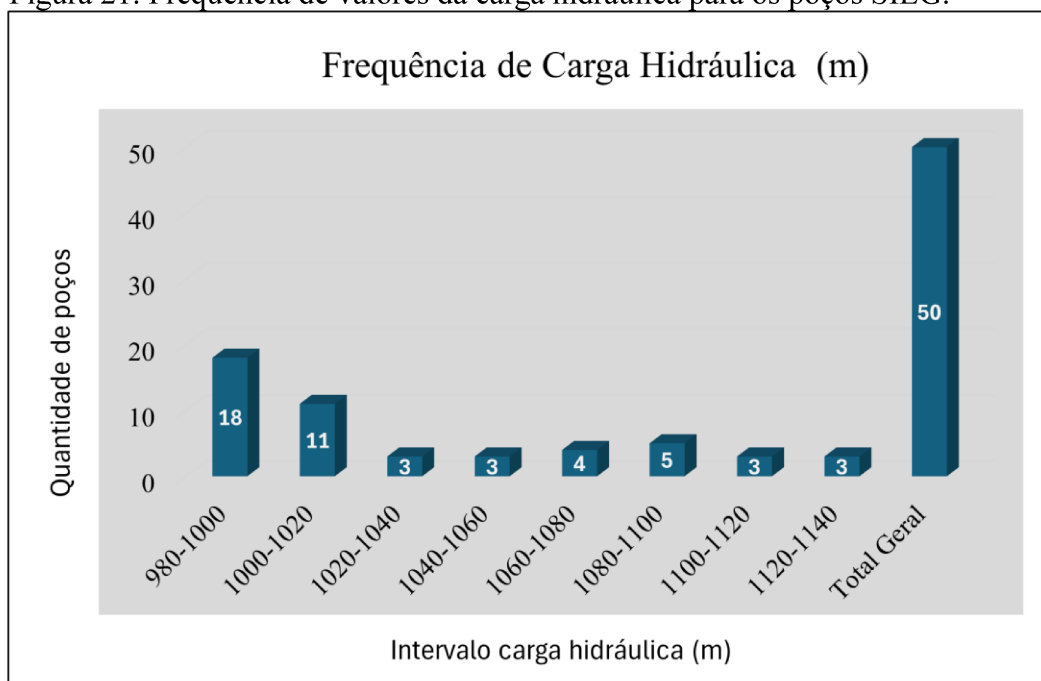
Figura 20. Frequência da capacidade específica dos poços SIEG.



Fonte: Autor (2025).

No que se refere à carga hidráulica, como apresentado na tabela abaixo os poços apresentaram valores entre 988 e 1125 metros. Com base nesses dados, foi gerado o mapa potenciométrico compilado com os dados do SIAGAS (Figura 21), permitindo visualizar as variações da superfície potenciométrica na área de estudo.

Figura 21. Frequência de valores da carga hidráulica para os poços SIEG.



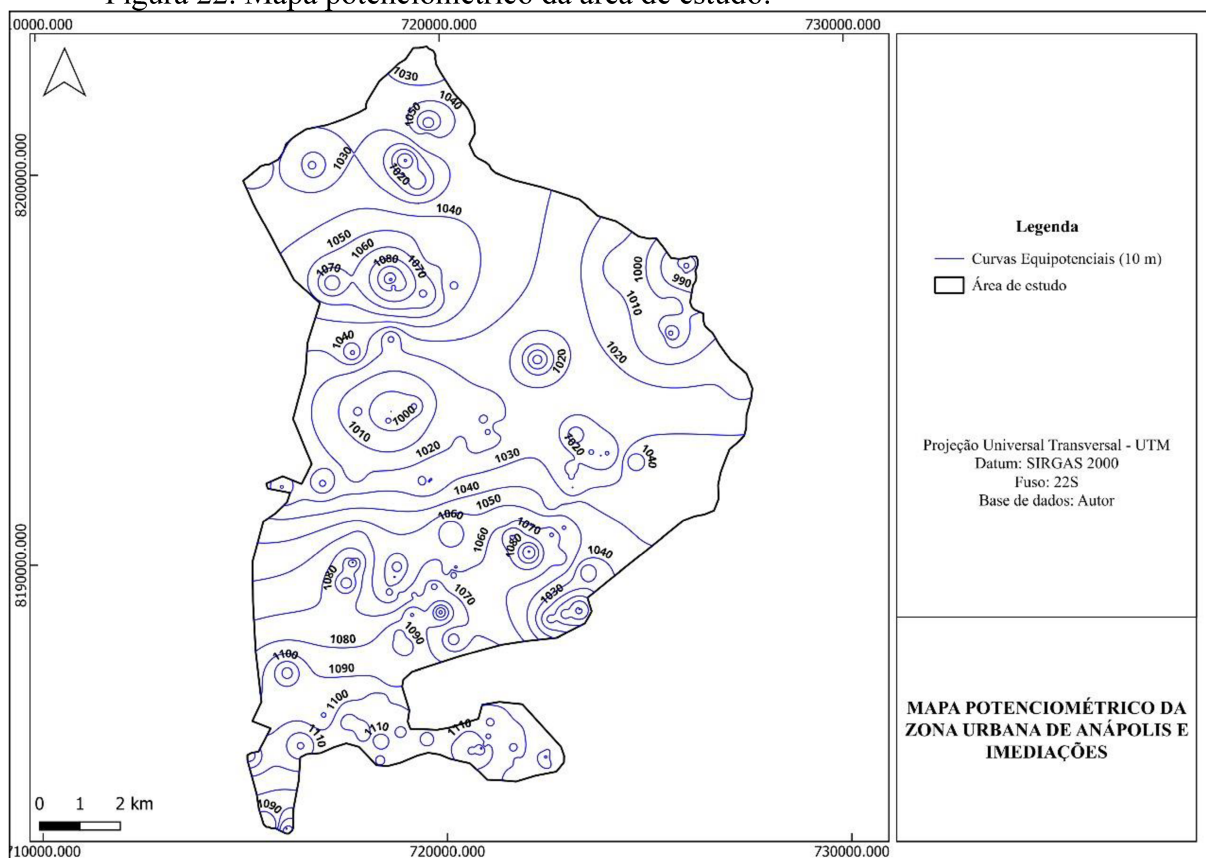
Fonte: Autor (2025).

7.3 Mapa potenciométrico

Os mapas potenciométricos (Fig. 22 e 23) foram gerados a partir dos valores de carga hidráulica. Para possibilitar melhor interpretação dos resultados no mapa potenciométrico da figura 22, foram relacionadas informações a respeito do relevo (MDE) e drenagens.

A análise do mapa potenciométrico abaixo indica que as maiores cargas hidráulicas se concentram no setor sul-sudoeste ($\approx 1.100 - 1.130$ m) caracterizando esta como área de recarga, decrescendo em direção ao norte e nordeste ($\approx 990 - 1.020$ m). O fluxo subterrâneo ocorre predominantemente do Sul para o norte/nordeste, acompanhando a topografia e convergindo para fundos de vale, que atuam como áreas de descarga (Feitosa et al., 2008).

Figura 22. Mapa potenciométrico da área de estudo.



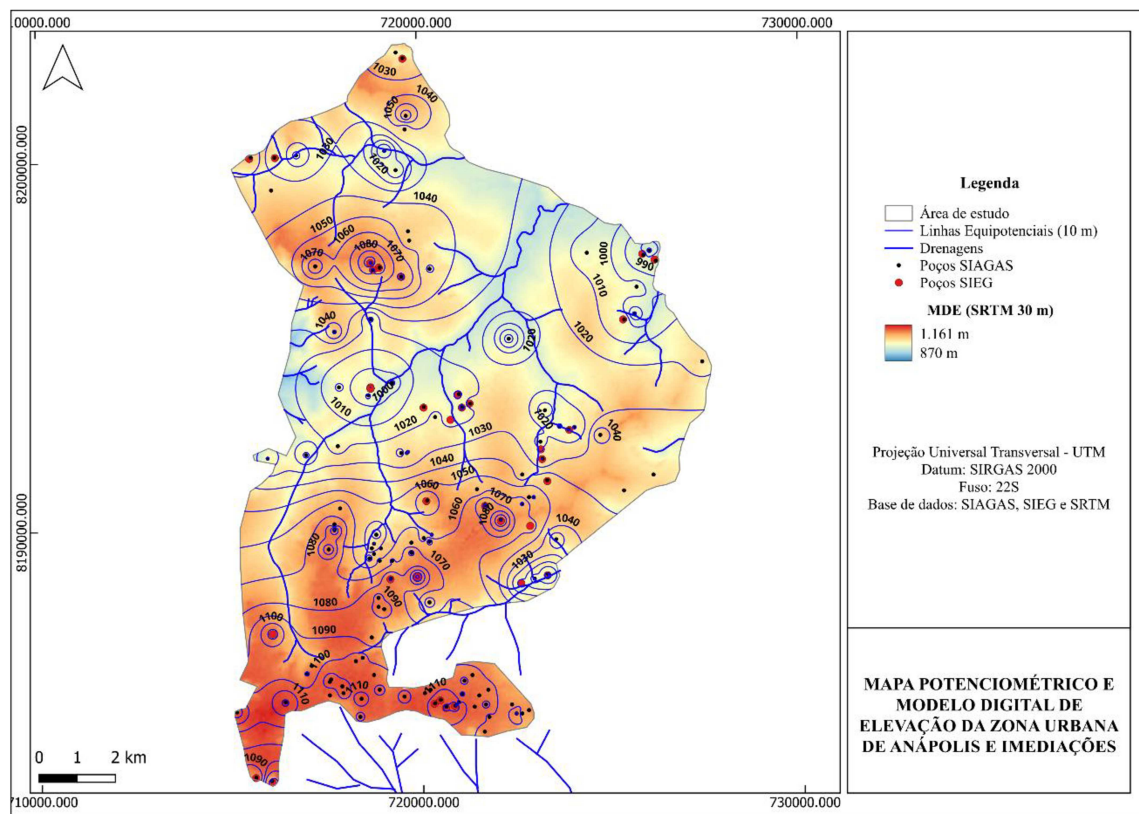
Fonte: Autor (2025).

O mapa da figura 22, que aborda apenas as linhas equipotenciais, traz a informação de forma isolada, com finalidade de interpretação do modelo de fluxo. O principal critério a ser levado como base para entender o fluxo subterrâneo, segundo Feitosa et al. (2008), é o fato de que em ambientes homogêneos, as superfícies equipotenciais interceptam ortogonalmente as linhas de fluxo.

O mapa da figura 23, onde os dados estão concatenados com informações do Modelo Digital de Elevação (MDE) e com as drenagens traçadas através deste modelo, é possível analisar a relação das cotas altimétricas com a cota do nível da água (linhas equipotenciais).

Desconsiderando quaisquer distorções que uma interpolação/modelamento pode apresentar, é possível interpretar a influência direta do relevo como principal fator para delimitação de áreas de recarga e descarga do aquífero. No caso deste trabalho, tratando da potencimetria de um aquífero predominantemente livre, Feitosa et al. (2008) afirmam que as superfícies potenciométricas descrevem a superfície do freático, tendo uma representação real, ou seja, é uma representação que acompanha o relevo.

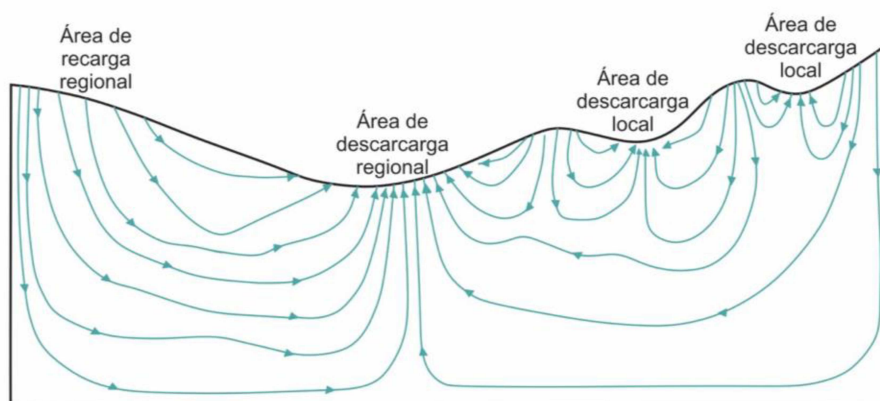
Figura 23. Mapa potenciométrico evidenciando as curvas equipotenciais.



Fonte: Autor (2025).

As áreas mais elevadas no sul certamente correspondem a zonas de recarga, enquanto os fundos de vale no norte e nordeste funcionam como áreas de descarga, a exemplo da figura 24.

Figura 24. Setorização áreas de carga e descarga.



Fonte: Adaptado de Feitosa et al., 2008.

Esse comportamento é típico de aquíferos livres ou semiconfinados em regiões tropicais, nos quais a recarga ocorre por infiltração difusa em áreas de interflúvio, enquanto os

cursos d'água funcionam como drenos naturais, sustentados pelo fluxo de base durante o período seco (Winter et al., 1998).

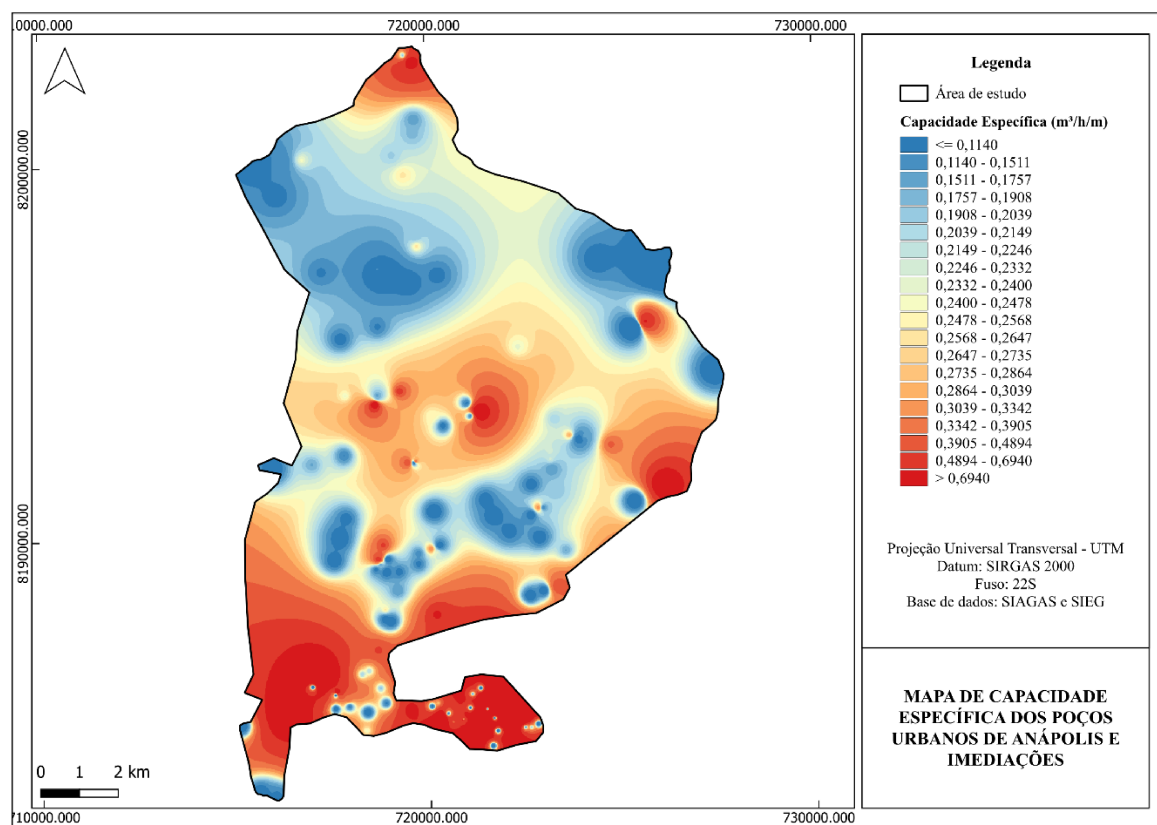
7.4 Mapa de Capacidade Específica

O mapa de capacidade específica elaborado busca expressar a eficiência dos poços em produzir água em relação ao seu rebaixamento. Os poços com maiores capacidades específicas estão representados na interpolação com a coloração vermelha, enquanto os poços menos produtivos estão representados pela coloração azul, como indicado na figura 25. Este parâmetro hidrogeológico reflete tanto as características locais do aquífero, quanto os aspectos construtivos do poço.

O valor médio de capacidade específica dos poços analisados é de $0,24 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$.

O mapa de capacidade específica ($\text{m}^3/\text{h}/\text{m}$) abaixo demonstra forte heterogeneidade espacial na zona urbana de Anápolis e suas imediações. Observam-se valores mais elevados no setor sul e sudeste, em contraste com áreas de menor produtividade no centro-norte e oeste do município.

Figura 25. Mapa de capacidade específica dos poços da área de estudo.



Fonte: Autor (2025).

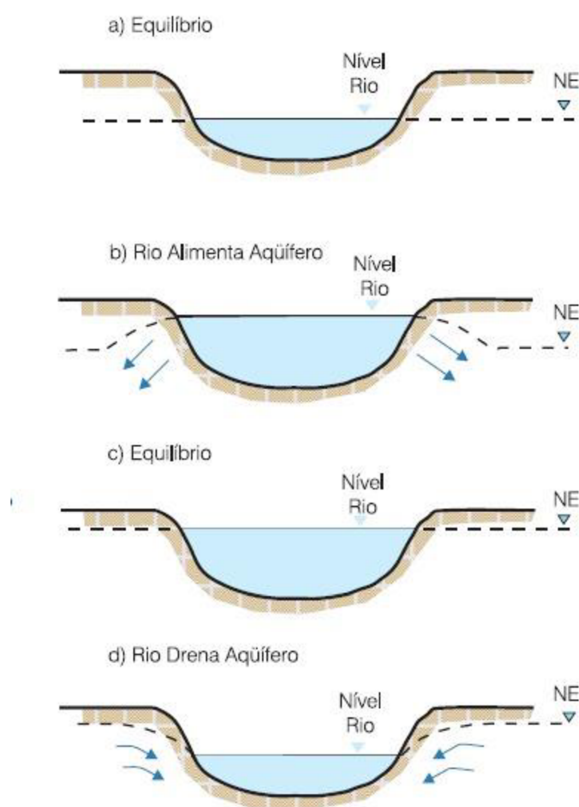
Possivelmente, os valores mais altos de capacidade específica estão associados a camadas mais espessas do manto de alteração, que podem permitir maior transmissividade e, conseqüentemente, maior vazão de poços. A relação entre capacidade específica e transmissividade, amplamente documentada em estudos hidrogeológicos (Fernandes et al., 2016), reforça a utilidade desse parâmetro como indicador preliminar da viabilidade de exploração.

7.5 Interação de águas superficiais com águas subterrâneas

As águas subterrâneas e superficiais devem ser tratadas como um único recurso (Winter et al., 1998). Os cursos d'água dependem do fluxo de base do aquífero, especialmente em períodos secos. No entanto, a captação intensiva em poços pode reduzir a contribuição de base através do rebaixamento do nível freático até induzir a contribuição de água dos rios para o aquífero (Barlow, 2012), comprometendo sua qualidade e, por consequência, a potabilidade da água explorada pelos poços.

O esquema da figura 26, retirado do Livro de Hidrogeologia da CPRM, ilustra com detalhes a dinâmica da relação entre o sistema subterrâneo e o sistema superficial em condições normais de sazonalidade.

Figura 26. Interação do aquífero com o nível do rio



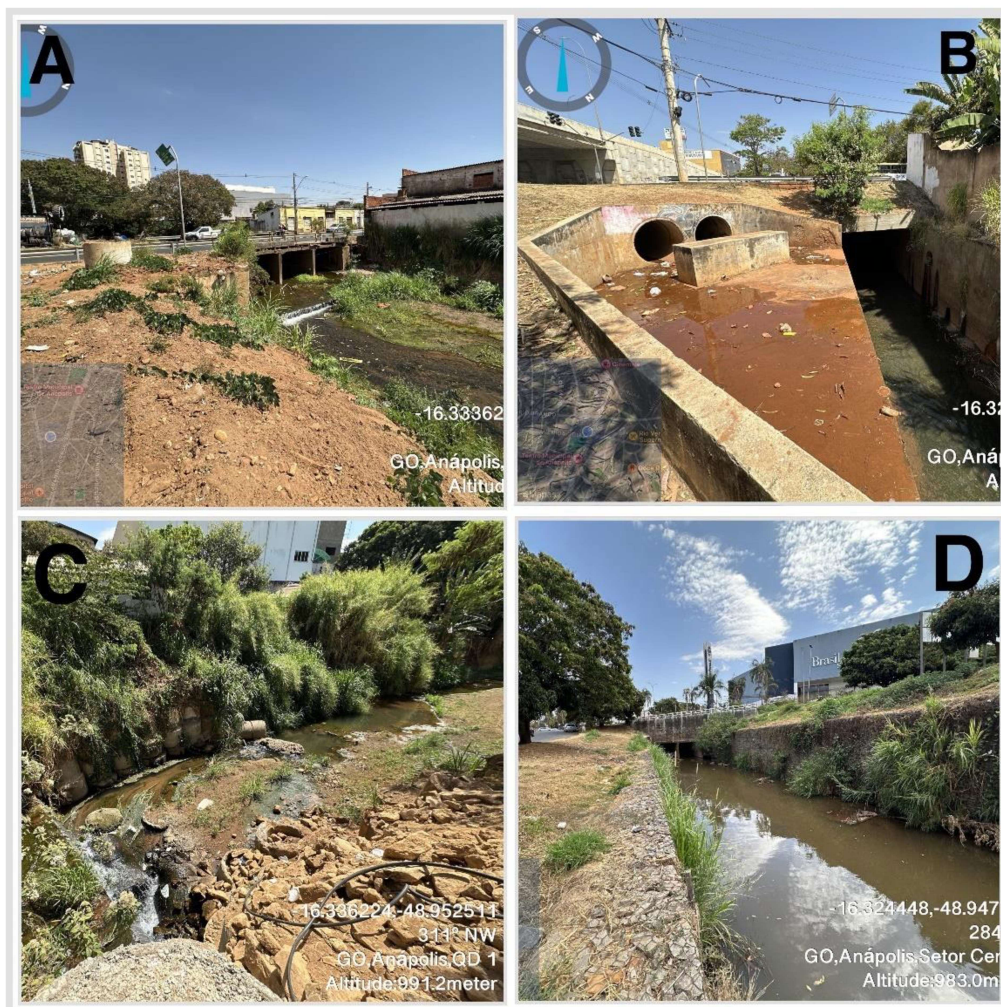
Fonte: CPRM.

A dinâmica natural entre os sistemas ilustrados acima pode ser significativamente alterada pelo rebaixamento desordenado dos poços. A implantação de uma malha irregular ou mal projetada pode induzir a formação de cones de rebaixamento que interferem não apenas no nível estático local, mas também em escalas regionais. Em situações críticas, como no caso do Rio das Antas em Anápolis, águas poluídas podem percolar em direção ao aquífero livre,

No Brasil algumas análises corroboram essa preocupação. Em áreas urbanas, a contaminação de aquíferos por nitratos tem sido associada a vazamentos de redes de esgoto em más condições de manutenção (Hirata, 2015).

Ao longo da área urbana do Rio das Antas, são observadas inúmeras disposições irregulares de efluentes, entulhos e resíduos perigosos conforme as fotografias ilustradas no mosaico abaixo.

Imagem 1. Mosaico de fotografias retiradas em diversos trechos do Rio das Antas.



Fonte: Autor (2025)

Nos trechos do Rio das Antas ilustrados na imagem acima em “A e C”, as águas possuem odor fétido e características de eutrofização, processo característico por despejo irregular de efluentes domésticos que propiciam o crescimento acelerado de algas. Este local possui históricos eventos de enchentes que desestabilizam as encostas e carreiam todos os sedimentos/entulhos dispostos ali como forma de aterro.

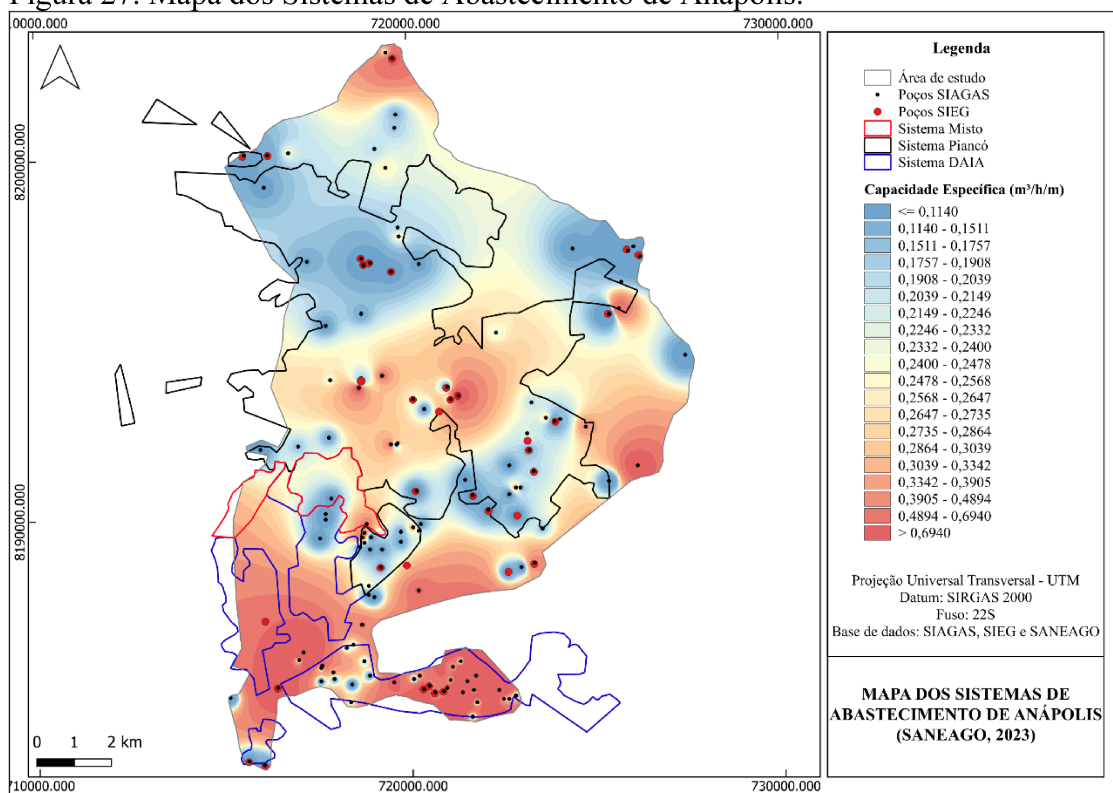
A fotografia “B” apresenta o ponto de descarga do sistema de drenagem pluvial que descarrega diretamente as águas superficiais, sedimentos e demais resíduos sólidos e oleosos presentes em ruas e calçadas. O trecho ilustrado em “D”, localiza-se a jusante de todos os outros pontos fotografados. Neste ponto foi possível identificar maior quantidade de água e aumento do índice de turbidez da mesma, muito provavelmente pela contribuição de um afluente que está passando por processo de assoreamento ou sofrendo com descarte irregular de efluentes líquidos com alta carga em suspensão.

Estudos realizados na bacia do Ribeirão Piancó corroboram a análise feita neste trabalho para o Rio das Antas, apontando pressão antrópica e degradação da qualidade da água, com parâmetros acima do enquadramento legal e indícios de contaminação dos sedimentos (Zoby; Duarte, 2001). Assim, o risco de recarga induzida de águas superficiais poluídas para o aquífero representa um desafio à gestão integrada dos recursos hídricos em Anápolis.

7.6 Abastecimento público

O abastecimento de Anápolis é realizado majoritariamente por mananciais superficiais, complementado por poços tubulares. O Plano de Racionamento 2023 (SANEAGO, 2023) destacou a redução da disponibilidade hídrica superficial, em especial nos sistemas Piancó e DAIA, causada por estiagens prolongadas, degradação ambiental nas bacias de contribuição e aumento da demanda.

Figura 27. Mapa dos Sistemas de Abastecimento de Anápolis.



Fonte: Autor (2025).

No mapa acima (figura 27), estão distribuídas as áreas de abrangência de cada sistema de abastecimento de Anápolis juntamente com os dados de capacidade específica da área de estudo. É possível notar que a rede de poços situada no Sistema DAIA, apresenta os maiores índices de capacidade específica, ou seja, apresenta os melhores dados de produtividade.

Os elevados índices de capacidade específica observados nesta região estão certamente relacionados às características construtivas dos poços. Por se tratar de uma área industrial, na qual diferentes tipos de empreendimentos dependem diretamente do uso de grandes volumes de água, é plausível que tais poços tenham sido projetados com estruturas mais robustas capazes de atender à elevada demanda. Ou seja, são poços profundos, de perfis construtivos robustos, construídos de acordo com as melhores práticas de engenharia, com boa capacidade de bombeamento e locados em uma área definida neste estudo como área de recarga regional, assim, justificando o resultado apresentado no mapa de capacidade específica.

É possível considerar que a perfuração de novos poços na região sul de Anápolis e suas consequentes explorações podem surgir como alternativa para apoiar o abastecimento público, alimentando os sistemas DAIA e Piancó de acordo com as eventuais necessidades.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

A análise dos mapas permite concluir que a exploração de poços em áreas de maior capacidade específica, que correspondem as áreas de recarga do aquífero situadas no setor sul/sudeste, pode ser estratégica para mitigar crises hídricas, como a que motivou o Plano de Racionamento de 2023.

Entretanto, a adoção dessa solução deve ser acompanhada por medidas de proteção de aquíferos, implantação de zonas de proteção sanitária em torno dos poços, zona de proteção microbiológica e zona de captura total da fonte (Foster et al., 2006).

Além das zonas supracitadas, deve ser realizado o monitoramento contínuo da qualidade da água, de modo a evitar a contaminação induzida por águas superficiais degradadas, além do monitoramento das vazões e variações do rebaixamento.

A exploração integrada de poços nessas áreas pode atuar como estratégia de resiliência hídrica, reduzindo a vulnerabilidade do sistema urbano a secas prolongadas, desde que precedida por testes de bombeamento e análises hidroquímicas.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, F. F. M. de; HASUI, Y.; BRITO NEVES, B. B.; FUCK, R. A.. Províncias estruturais brasileiras. In: Simpósio de Geologia do Nordeste, 8., Campina Grande. Atas... Campina Grande: SBG, 1977, p. 363–391.
- ALMEIDA, F. F. M. de. O cráton do São Francisco. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 11, n. 1, 1981 p. 349–364.
- ALMEIDA, F. F. M. de; HASUI, Y. O Pré-Cambriano do Brasil. São Paulo: Edgard Blücher, 1984, 378 p.
- ALMEIDA, L. D.; RESENDE, L.; RODRIGUES, A. P.; CAMPOS, J. E. G. (coord.). Hidrogeologia do Estado de Goiás e Distrito Federal. Série Geologia e Mineração, n. 1. Goiânia: Secretaria de Indústria e Comércio de Goiás, Superintendência de Geologia e Mineração, 2006.
- ANDRADE, P. J. Como são formados os lençóis freáticos ou depósitos subterrâneos de água. Disponível em: <<http://sosriosdobrasil.blogspot.com/2011/07/como-sao-formados-os-lencois-freaticos.html>>. Acesso em: 31 out. 2024.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 12.244: Água subterrânea — Terminologia. Rio de Janeiro, 1992.
- SE.22-X-B-I. Estado de Goiás. Escala 1:100.000. Goiânia, DNPM/CPRM, 120p.
- BAÊTA JÚNIOR, José Domingos Alves. *Goiânia: folha SE.22-X-B* [mapa geológico, escala 1:250.000]. Brasília: CPRM, 2001. Relatório técnico.
- BARLOW, P. M. Streamflow Depletion by Wells – Understanding and Managing the Effects of Groundwater Pumping on Streamflow. U.S. Geological Survey, Circular 1376, 2012.
- BONOME, J. R. et al. Políticas públicas sobre o meio ambiente em Anápolis. *Raízes no Direito*, Anápolis, n. 2, p. 20-33, 2013.
- BORGES, H.C. História de Anápolis. Goiânia: Kelps, 2011
- BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Sinopse do censo demográfico 2000: resultados preliminares. Rio de Janeiro: IBGE, 2004. 120 p.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Áreas territoriais 2021. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/estrutural-territorial/15761-areas-dos-municipios.html>.
- BONFIM, Luiz Fernando Costa. Mapa de domínios/subdomínios hidrogeológicos do Brasil em ambiente SIG: concepção e metodologia. 2010.
- BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Política Nacional dos Recursos Hídricos. Brasília, DF: Presidência da República, 1997. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm>. Acesso em: 20 de Agosto de 2025.
- BRASIL. Serviço Geológico do Brasil (CPRM). Levantamento geológico básico do Brasil: relatório técnico. Brasília: CPRM, 2001. 150 p.

BRASIL. Serviço Geológico do Brasil (CPRM). Levantamento hidrogeológico nacional: relatório técnico. Brasília: CPRM, 2008. 200 p.

BRASIL. Serviço Geológico do Brasil (CPRM). Levantamento hidrogeológico de aquíferos subterrâneos no Brasil. Brasília: CPRM, 2011. 120 p

BRASIL. FUNMINERAL – Fundação Nacional de Mineração. Levantamento mineral do Brasil: relatório técnico. Brasília: FUNMINERAL, 2008. 150 p.

CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Mapa de domínios e subdomínios hidrogeológicos do Brasil. Escala 1:2.500.000. Brasília.

CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. SIAGAS – Sistema de Informação de Águas Subterrâneas. 2023. Disponível em: <<https://siagasweb.sgb.gov.br/layout/>>. Acesso em: 10 de Agosto de 2025.

DARDENNE, M. A. The Brasília Fold Belt. In: CORDANI, U. G.; MILANI, E. J.; THOMAZ FILHO, A.; CAMPOS, D. A. (org.). Tectonic evolution of South America. 31st International Geological Congress, Rio de Janeiro. São Paulo: SBG, 2000. p. 231-263.

DRISCOLL, F. G. Groundwater and wells. 2. ed. St. Paul: Johnson Division, 1986. 1089 p.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. Groundwater overview: making the invisible visible. Rome: FAO, 2022.

FEITOSA, F. A. C. Hidrogeologia: conceitos e aplicações. 3. ed. Rio de Janeiro: CPRM, 2008. 835 p.

FERNANDES, A. J.; FIUME, B.; BERTOLO, R.; HIRATA, R. C. A. Modelo geométrico de fraturas e análise da tectônica rúptil aplicados ao estudo do fluxo do aquífero cristalino, São Paulo (SP). Geologia USP – Série Científica, v. 16, p. 73-84, 2016.

FERREIRA, H. J. Anápolis: sua vida, seu povo. Brasília: Gráfica do Senado Federal, 1981.

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. Tradução: Silvana Vieira; revisão técnica: Ricardo Hirata. São Paulo: Servmar Serviços Técnicos Ambientais Ltda.; Banco Mundial, 2006.

FOSTER, S.; HIRATA, R.; HOWARD, K.W.F. Groundwater use in developing cities: policy issues arising from current trends, Hydrogeology Journal, March 2011, Volume 19, Issue 2, pp 271-274, 2011.

FREEZE, R. A.; CHERRY, J. A. Groundwater. New Jersey: Prentice-Hall, 1979. 604 p.

FUCK, R. Q. A Faixa Brasília e a compartimentação tectônica na Província Tocantins. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO CENTRO-OESTE, 4., 1994. Atas [...]. SBG, 1994. p. 184-187.

GOOGLE. Google Earth. Disponível em: <<http://earth.google.com/>>. Acesso em: 2025.

HIRATA, R. et al. Contaminação de aquíferos urbanos por nitrato associada a vazamento de esgoto. São Paulo: Instituto de Geociências, USP, 2015.

HIRATA, R.; SUHOGUSOFF, A. V.; MARCELLINI, S.S.; VILLAR, P. C.; MARCELLINI, L. As águas subterrâneas e sua importância ambiental e socioeconômica para o Brasil. São Paulo: Universidade de São Paulo / Instituto de Geociências, 2019. ISBN 978-85-63124-07-4. DOI: 10.11606/9788563124074.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo brasileiro de 2022. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

LACERDA FILHO, J.V. & OLIVEIRA, C.C.. Geologia da região sudeste de Goiás. In: SBG, Simpósio de Geologia do Centro-Oeste, 4, Anais..., Brasília, 1994, p.157-160.

LACERDA FILHO, J. M., (Coord). GOIÁS (Estado). Secretaria de Indústria e Comércio. Superintendência de Geologia e Mineração. Geologia do estado de Goiás e Distrito Federal. Goiânia: 2008.

LAMARCK, Jean-Baptiste de. *Hydrogéologie ou Histoire naturelle des Animaux sans Vertèbres*. Paris: Deterville, 1802.

LIMA, F. W. Aplicabilidade da legislação ambiental no município de Anápolis no âmbito dos crimes contra o meio ambiente. 2008. Dissertação (Mestrado em Direito) – Centro Universitário de Anápolis – Unievangélica, Anápolis, 2008.

LUZ, J. S. DA. A. (Re)produção do Espaço de Anápolis/GO: a trajetória de uma cidade média entre duas metrópoles, 1970–2009. 2009. 349 f. Tese (Doutorado em Geografia) — Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2009.

MARINI, O.J.; FUCK, R.A.; DANNI, J.C.M.; DARDENNE, M.A.; LOGUÉRCIO, S.O.C.; RAMALHO, R.. As faixas de dobramentos Brasília, Uruaçu e Paraguai-Araguaia e o Maciço Mediano de Goiás. In: Schobbenhaus, C.; Campos, D.A.; Derzic, G.R.; Asmus, H.E. (coords.) Geologia do Brasil. Brasília, MME/DNPM, 1984, 501p.

MATHER, J. Joseph Lucas and the term "hydrogeology". *Hydrogeology Journal*, v. 9, n. 4, p. 413–415, 2001.

PIMENTEL, M.M.; HCAMAN, L.; FUCK, R.A. 1991. U-Pb /ircon and sphenc geochronology of late Proterozoic volcanic arc rock units from southwestern Goiás, central Brazil. *Jour. South American Earth Sci.*, 4:329-339.

PIMENTEL, M.M.; HCAMAN, L.; FUCK, R.A. 1992. Idade do metarolito da sequência Maratá, Grupo Araxá, Goiás: estudo geocronológico pelos métodos U-Pb em zircão, Sm-Nd e Rb-Sr. *An. Acad. Brás. Ciências*, 64:19-28.

PIMENTEL, M. M.; FUCK, R. A.; JOST, H.; FERREIRA, C. F. F.; ARAÚJO, S. M. The basement of the Brasília Fold Belt and the Goiás Magmatic Arc. In: CORDANI, U. G.; MILANI, E. J.; THOMAZ FILHO, A.; CAMPOS, D. A. (org.). Tectonic evolution of South America. 31st International Geological Congress, Rio de Janeiro. São Paulo: SBG, 2000. p. 195-229.

ROCHA, H. Anápolis- e assim se passaram 100 anos. Goiânia: Kelps, 2007.

ROCHA, M. M. da; YAMAMOTO, J. K.; FONTELES, H. R. da N. Cokrigagem ordinária versus krigagem com deriva externa: aplicações para a avaliação do nível potenciométrico em um

aquífero livre. *Geologia USP – Série Científica*, v. 9, n. 1, p. 73-84, 2009. DOI: <https://doi.org/10.5327/Z1519-874X2009000100005>.

SANEAGO - SANEAMENTO DE GOIÁS S.A. *Plano de racionamento do abastecimento de água do município de Anápolis – 2023*. Goiânia, 2023. Disponível em: https://www.saneago.com.br/#/noticia_interna/9854/3. Acesso em: 20 ago. 2025.

SANTOS, L. A. C (UEG) — "Utilização dos dados do Cadastro Ambiental Rural na análise de conflitos de uso do solo em Áreas de Preservação Permanente", que delimita APPs de nascentes em Anápolis. *Anais da Universidade Estadual de Goiás*, 2018.

SGB – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. SIAGAS. Disponível em: <https://siagasweb.sgb.gov.br/layout/>. Acesso em: 10 out. 2024.

SILVA, D. M. A.; ARAÚJO, N. P.; FERREIRA, A. A. Estudo dos remanescentes de vegetação de Cerrado na microrregião de Anápolis entre 1985 e 2010, utilizando dados de sensoriamento remoto (Landsat 5 TM). *Anais [...]. UEG*, 2019.

VALERIANO, C. M. et al. Tectonic evolution of the Brasília Belt, Central Brazil, and early assembly of Gondwana. In: PANKHURST, R. J.; TROUW, R. A. J.; NEVES, B. B. de B. (org.). *West Gondwana: pre-Cenozoic correlations across the South Atlantic region*. London: Geological Society of London, 2008. p. 197-210.

WEATHERSPARK. Clima e condições meteorológicas médias em Anápolis (Goiás, Brasil) ao longo do ano. WeatherSpark. Disponível em: <https://pt.weatherspark.com/y/30121/Clima-caracter%C3%ADstico-em-An%C3%A1polis-Goi%C3%A1s-Brasil-durante-o-ano>. Acesso em: 10 ago. 2025.

WINTER, T. C. et al. Ground water and surface water: a single resource. U.S. Geological Survey, Circular 1139, 1998.

ZOBY, J. L. G.; DUARTE, U. Caracterização hidrogeológica da Bacia do Ribeirão Sobradinho – Brasília (DF). *Geologia USP – Série Científica*, 2001.

ANEXO 01

TABELA DE DADOS DO SIAGAS

ID	Latitude	Longitude	Cota (m)	NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Rebaixamento (m)	Carga Hidráulica (m)	Capacidade Específica (m³/h/m)
A1	- 16°17'45,600"	- 48°57'10,800"	1108,00	7,00	38	3,60	31,000	1101	0,116
A2	- 16°17'52,800"	-48°57'7,200"	1091,00	12,00	51,00	2,00	39,000	1079	0,051
A3	- 16°17'49,200"	-48°57'3,600"	1090,00	8,00	28,00	0,90	20,000	1082	0,045
A4	- 16°19'48,000"	- 48°55'40,800"	1032,00	7,0	18,00	14,00	11,000	1025	1,273
A5	- 16°19'51,600"	- 48°55'48,000"	1018,00	10,00	28,00	2,50	18,000	1008	0,139
A6	- 16°19'40,800"	- 48°55'51,600"	1019,00	10,00	29,00	2,00	19,000	1009	0,105
A7	- 16°22'22,800"	- 48°56'52,800"	1104,00	14,00	40,00	4,00	26,000	1090	0,154
A8	- 16°24'14,400"	- 48°58'26,400"	1142,00	22,00	24,00	2,40	2,000	1120	1,200
A9	- 16°21'14,400"	- 48°56'20,400"	1080,00	10,00	50,00	0,00	40,000	1070	0,000
A10	- 16°19'51,600"	- 48°56'24,000"	1020,00	4,00	22,00	4,50	18,000	1016	0,250
A11	- 16°17'56,400"	- 48°56'42,000"	1079,00	8,00	28,00	1,30	20,000	1071	0,065
A12	- 16°24'14,400"	- 48°56'13,200"	1132,00	22,00	32	15,00	10,000	1110	1,500
A13	- 16°24'18,000"	-48°56'2,400"	1130,00	8,00	25,00	11,82	17,000	1122	0,695

A14	- 16°24'14,400"	- 48°55'55,200"	1134,00	1,00	23,00	5,87	22,000	1133	0,267
A15	- 16°24'10,800"	-48°56'9,600"	1135,00	18,00	54,00	4,40	36,000	1117	0,122
A16	- 16°17'49,200"	- 48°56'16,800"	1041,00	2,10	74,62	5,28	72,520	1039	0,073
A17	- 16°22'22,800"	- 48°54'46,800"	1007,00	2,00	65,93	2,03	63,930	1005	0,032
A18	- 16°22'19,200"	- 48°54'32,400"	1006,00	5,45	26,64	9,31	21,190	1001	0,439
A19	- 16°21'32,400"	- 48°55'15,600"	1107,00	6,30	58,80	3,77	52,500	1101	0,072
A20	-16°22'1,200"	-48°57'7,200"	1059,00	7,25	40,00	5,60	32,750	1052	0,171
A21	- 16°21'46,800"	-48°57'3,600"	1035,00	4,35	26,00	11,50	21,650	1031	0,531
A22	- 16°21'54,000"	-48°57'7,200"	1045,00	5,38	30,00	10,00	24,620	1040	0,406
A23	-16°22'8,400"	-48°57'3,600"	1073,00	11,30	66,80	0,80	55,500	1062	0,014
A24	-16°22'4,800"	- 48°57'10,800"	1057,00	10,40	53,00	3,80	42,600	1047	0,089
A25	- 16°21'57,600"	- 48°57'10,800"	1048,00	2,50	30,00	18,00	27,500	1046	0,655
A26	-16°22'8,400"	- 48°56'52,800"	1080,00	9,00	56,00	3,40	47,000	1071	0,072
A27	- 16°21'46,800"	- 48°56'24,000"	1067,00	12,00	36,00	8,00	24,000	1055	0,333
A28	- 16°21'50,400"	- 48°56'34,800"	1076,00	10,00	39,00	3,80	29,000	1066	0,131
A29	- 16°21'50,400"	- 48°56'16,800"	1076,00	0,80	37,00	8,50	36,200	1075	0,235

A30	- 16°21'57,600"	-48°57'0,000"	1062,00	12,00	72,00	0,40	60,000	1050	0,007
A31	- 16°21'46,800"	- 48°56'16,800"	1061,00	12,00	66,00	2,50	54,000	1049	0,046
A32	-16°22'1,200"	- 48°56'34,800"	1090,00	6,30	54,00	4,20	47,700	1084	0,088
A33	- 16°20'38,400"	- 48°58'40,800"	1015,00	5,30	80,00	1,40	74,700	1010	0,019
A34	- 16°20'38,400"	- 48°54'39,600"	1033,00	9,00	60,30	7,92	51,300	1024	0,154
A35	- 16°20'24,000"	- 48°54'39,600"	1017,00	2,00	57,30	12,57	55,300	1015	0,227
A36	- 16°21'18,000"	- 48°54'57,600"	1081,00	9,30	70,80	1,72	61,500	1072	0,028
A37	- 16°16'12,000"	- 48°58'55,200"	1065,00	15,00	60,30	1,70	45,300	1050	0,038
A38	- 16°16'12,000"	- 48°58'33,600"	1034,00	11,00	65,50	6,67	54,500	1023	0,122
A39	- 16°20'13,200"	- 48°54'14,400"	1012,00	2,81	44,62	3,04	41,810	1009	0,073
A40	- 16°20'56,400"	- 48°54'32,400"	1052,00	6,00	53,30	9,20	47,300	1046	0,195
A41	- 16°20'16,800"	- 48°53'45,600"	1057,00	8,50	52,90	18,00	44,400	1049	0,405
A42	- 16°14'45,600"	- 48°56'42,000"	1031,00	8,60	21,87	10,43	13,270	1022	0,786
A43	- 16°25'22,800"	- 48°58'37,200"	1077,00	16,38	44,92	2,82	28,540	1061	0,099
A44	- 16°21'18,000"	- 48°55'30,000"	1094,00	14,20	60,76	2,40	46,560	1080	0,052
A45	- 16°24'14,400"	-48°55'4,800"	1102,00	9,00	16,00	20,00	7,000	1093	2,857

A46	- 16°19'33,600"	- 48°57'39,600"	1010,00	12,00	29,00	4,07	17,000	998	0,239
A47	- 16°23'49,200"	-48°57'7,200"	1122,00	15,00	68,00	10,56	53,000	1107	0,199
A48	- 16°23'38,400"	- 48°57'21,600"	1121,00	15,00	58,00	8,78	43,000	1106	0,204
A49	- 16°23'34,800"	- 48°57'18,000"	1114,00	12,50	59,00	10,00	46,500	1102	0,215
A50	-16°24'3,600"	-48°57'3,600"	1126,00	12,00	62,00	5,35	50,000	1114	0,107
A51	- 16°23'52,800"	- 48°57'46,800"	1127,00	12,00	16,00	4,00	4,000	1115	1,000
A52	-16°24'7,200"	- 48°57'46,800"	1123,00	20,00	61,00	2,64	41,000	1103	0,064
A53	- 16°23'56,400"	- 48°57'46,800"	1132,00	15,00	77,00	0,85	62,000	1117	0,014
A54	- 16°15'46,800"	- 48°56'38,400"	1045,00	9,00	46,00	6,80	37,000	1036	0,184
A55	- 16°22'40,800"	-48°57'3,600"	1108,00	14,00	45,00	8,00	31,000	1094	0,258
A56	-16°20'9,600"	- 48°54'10,800"	1024,00	15,00	51,00	5,76	36,000	1009	0,160
A57	- 16°24'14,400"	- 48°55'26,400"	1120,00	4,90	54,00	1,90	49,100	1115	0,039
A58	- 16°23'52,800"	- 48°55'48,000"	1120,00	6,00	43,50	6,70	37,500	1114	0,179
A59	- 16°15'36,000"	- 48°56'38,400"	1069,00	3,00	90,10	13,89	87,100	1066	0,159
A60	- 16°24'14,400"	- 48°55'51,600"	1128,00	20,95	36,10	11,82	15,150	1107	0,780
A61	- 16°22'48,000"	-48°57'3,600"	1110,00	16,00	45,00	1,94	29,000	1094	0,067

A62	- 16°22'44,400"	- 48°56'16,800"	1065,00	10,76	20,18	7,01	9,420	1054	0,744
A63	-16°24'3,600"	- 48°57'32,400"	1124,00	10,80	37,50	2,84	26,700	1113	0,106
A64	- 16°20'52,800"	- 48°52'58,800"	1041,00	9,00	28,89	23,64	19,890	1032	1,189
A65	- 16°17'16,800"	- 48°56'38,400"	1059,00	13,82	33,00	3,66	19,180	1045	0,191
A66	- 16°18'50,400"	-48°55'8,400"	1003,00	17,00	38,00	5,00	21,000	986	0,238
A67	-16°20'2,400"	- 48°56'13,200"	1028,00	6,00	33,00	2,18	27,000	1022	0,081
A68	- 16°21'36,000"	- 48°57'43,200"	1103,00	29,00	72,00	2,40	43,000	1074	0,056
A69	- 16°19'55,200"	- 48°54'36,000"	1015,00	15,00	32,00	3,50	17,000	1000	0,206
A70	- 16°23'16,800"	- 48°57'10,800"	1104,00	22,40	50,70	14,50	28,300	1082	0,512
A71	- 16°20'34,800"	- 48°56'42,000"	1047,00	32,00	52,00	9,60	20,000	1015	0,480
A72	- 16°20'31,200"	- 48°56'38,400"	1051,00	34,00	53,00	7,50	19,000	1017	0,395
A73	- 16°24'21,600"	- 48°54'50,400"	1098,00	4,00	62,00	3,70	58,000	1094	0,064
A74	- 16°19'30,000"	- 48°56'52,800"	989,00	3,00	11,14	4,94	8,140	986	0,607
A75	- 16°23'49,200"	- 48°55'40,800"	1113,00	11,00	70,00	3,03	59,000	1102	0,051
A76	- 16°20'34,800"	-48°58'8,400"	1014,00	5,50	42,85	6,50	37,350	1009	0,174
A77	- 16°16'22,800"	- 48°56'49,200"	1007,00	4,46	89,87	22,12	85,410	1003	0,259

A78	-16°24'3,600"	-	48°55'26,400"	1119,00	17,34	18,32	16,16	0,980	1102	16,490
A79	-	-	48°56'56,400"	1111,00	12,59	60,71	1,27	48,120	1098	0,026
A80	-	-	48°57'39,600"	1027,00	12,14	33,06	2,37	20,920	1015	0,113
A81	-	-	48°54'50,400"	1073,00	12,00	36,90	12,20	24,900	1061	0,490
A82	-	-	48°57'57,600"	1101,00	23,50	50,50	2,79	27,000	1078	0,103
A83	-	-	48°54'57,600"	1098,00	4,00	24,00	4,13	20,000	1094	0,206
A84	-	-	48°57'46,800"	1116,00	18,00	58,00	0,80	40,000	1098	0,020
A85	-	-	48°57'18,000"	1134,00	18,00	71,00	1,69	53,000	1116	0,032
A86	-	-	48°57'43,200"	1064,00	13,00	63,00	3,50	50,000	1051	0,070
A87	-	-	48°54'57,600"	1055,00	22,00	64,00	1,50	42,000	1033	0,036
A88	-	-	48°55'26,400"	1114,00	15,00	105,00	4,00	90,000	1099	0,044
A89	-	-	48°52'15,600"	1038,00	22,50	171,00	1,21	148,500	1016	0,008
A90	-	-	48°57'18,000"	1120,00	8,10	37,16	7,11	29,060	1112	0,245
A91	-	-	48°58'37,200"	1050,00	18,00	63,00	3,13	45,000	1032	0,070
A92	-	-	48°57'43,200"	1111,00	10,54	62,48	1,38	51,940	1100	0,027
A93	-	-	-48°59'9,600"	1135,00	10,79	34,25	0,83	23,460	1124	0,035

A94	-16°24'3,600"	- 48°56'16,800"	1126,00	21,24	110,00	25,00	88,760	1105	0,282
A95	-16°24'3,600"	- 48°56'20,400"	1129,00	21,80	193,10	6,26	171,300	1107	0,037
A96	-16°24'0,000"	- 48°57'36,000"	1132,00	14,50	28,50	5,01	14,000	1118	0,358
A97	-16°21'3,600"	- 48°55'37,200"	1072,00	18,90	91,81	3,18	72,910	1053	0,044
A98	- 16°24'21,600"	- -48°55'1,200"	1107,00	28,00	88,00	9,80	60,000	1079	0,163
A99	-16°24'7,200"	- 48°56'38,400"	1128,00	12,25	40,61	24,00	28,360	1116	0,846
A100	- 16°17'24,000"	- 48°56'34,800"	1060,00	14,30	48,14	8,79	33,840	1046	0,260
A101	- 16°20'34,800"	- 48°56'38,400"	1051,00	18,00	68,00	1,50	50,000	1033	0,030
A102	- 16°21'10,800"	- 48°54'46,800"	1072,00	10,90	51,10	4,85	40,200	1061	0,121
A103	-16°21'7,200"	- 48°53'27,600"	1053,00	19,00	95,00	0,64	76,000	1034	0,008
A104	- 16°21'21,600"	- 48°57'36,000"	1089,00	24,00	46,00	1,45	22,000	1065	0,066
A105	-16°24'7,200"	- 48°55'48,000"	1124,00	27,00	93,00	5,00	66,000	1097	0,076
A106	-16°24'7,200"	- 48°55'33,600"	1118,00	14,50	102,00	10,00	87,500	1104	0,114
A107	- 16°24'39,600"	- 48°55'30,000"	1111,00	13,98	110,84	5,54	96,860	1097	0,057
A108	- 16°17'34,800"	- -48°53'2,400"	988,00	22,00	65,00	3,94	43,000	966	0,092
A109	- 16°21'50,400"	- 48°54'25,200"	1026,00	5,40	93,75	15,45	88,350	1021	0,175

A110	- 16°14'38,400"	- 48°56'49,200"	1022,00	0,00	113,75	22,72	113,750	1022	0,200
A111	- 16°17'34,800"	-48°54'0,000"	1006,00	4,22	82,34	4,28	78,120	1002	0,055
A112	- 16°19'40,800"	- 48°57'10,800"	1008,00	0,00	24,02	62,76	24,020	1008	2,613
A113	- 16°18'28,800"	- 48°53'16,800"	994,00	16,08	85,06	49,04	68,980	978	0,711
A114	-16°16'4,800"	- 48°56'56,400"	991,00	1,37	70,59	13,95	69,220	990	0,202
A115	- 16°23'49,200"	-48°58'4,800"	1116,00	27,00	67,00	1,24	40,000	1089	0,031
A116	- 16°18'36,000"	- 48°57'10,800"	1015,00	6,75	121,73	11,87	114,980	1008	0,103
A117	-16°20'9,600"	- 48°54'21,600"	1014,00	5,25	69,05	18,69	63,800	1009	0,293
A118	-16°16'8,400"	- 48°58'15,600"	1011,00	3,17	59,81	13,73	56,640	1008	0,242
A119	- 16°23'42,000"	-48°58'1,200"	1108,00	12,10	18,15	24,75	6,050	1096	4,091
A120	- 16°21'10,800"	- 48°54'50,400"	1073,00	18,20	67,25	7,07	49,050	1055	0,144
A121	- 16°24'18,000"	- 48°55'37,200"	1125,00	18,45	22,30	17,03	3,850	1107	4,423

ANEXO 02

TABELA DE DADOS DO SIEG

ID	Latitude	Longitude	Cota (m)	NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Rebaixamento (m)	Carga Hidráulica (m)	Capacidade Específica (m³/h/m)
B1	-16°19'36,120"	-48°57'10,080"	1003	2,1	74,64	5,28	72,54	1000,9	0,073
B2	-16°19'36,120"	-48°57'10,080"	1003	12	36	8	24	991	0,333
B3	-16°19'36,120"	-48°57'10,080"	1003	10	39	3,8	29	993	0,131
B4	-16°19'36,120"	-48°57'10,080"	1003	0,8	37	8,5	36,2	1002,2	0,235
B5	-16°19'36,120"	-48°57'10,080"	1003	12	72	0,4	60	991	0,007
B6	-16°19'36,120"	-48°57'10,080"	1003	12	66	2,5	54	991	0,046
B7	-16°19'36,120"	-48°57'10,080"	1003	6,3	54	4,2	47,7	996,7	0,088
B8	-16°19'36,120"	-48°57'10,080"	1003	7,25	40	5,6	32,75	995,75	0,171
B9	-16°19'36,120"	-48°57'10,080"	1003	10,4	53	3,8	42,6	992,6	0,089
B10	-16°19'36,120"	-48°57'10,080"	1003	2,5	30	18	27,5	1000,5	0,655
B11	-16°19'36,120"	-48°57'10,080"	1003	9	56	3,4	47	994	0,072
B12	-16°21'37,440"	-48°54'48,960"	1075	9,3	72	1,5	62,7	1065,7	0,024
B13	-16°19'36,120"	-48°57'10,080"	1003	8,5	52,9	18	44,4	994,5	0,405

B14	-16°22'24,600"	-48°56'52,440"	1105	14	40	4	26	1091	0,154
B15	-16°24'16,560"	-48°55'55,560"	1133	8	24	12,57	16	1125	0,786
B16	-16°24'14,400"	-48°56'13,560"	1133	22	32	15	10	1111	1,500
B17	-16°24'18,000"	-48°56'3,480"	1131	8	34	9,43	26	1123	0,363
B18	-16°24'11,520"	-48°56'8,520"	1134	18	54	4,4	36	1116	0,122
B19	-16°19'36,120"	-48°57'10,080"	1003	9,3	70,8	1,72	61,5	993,7	0,028
B20	-16°19'36,120"	-48°57'10,080"	1003	9	60,3	7,92	51,3	994	0,154
B21	-16°20'29,760"	-48°54'39,600"	1021	2	57,3	12,57	55,3	1019	0,227
B22	-16°16'13,080"	-48°58'57,360"	1062	15	60,3	1,7	45,3	1047	0,038
B23	-16°16'12,360"	-48°58'34,680"	1034	11	65,4	6,67	54,4	1023	0,123
B24	-16°20'12,480"	-48°54'14,400"	1017	2,81	44,62	3,04	41,81	1014,19	0,073
B25	-16°20'57,840"	-48°54'33,840"	1050	6	53,3	9,2	47,3	1044	0,195
B26	-16°19'52,680"	-48°56'23,280"	1022	4	22	4,5	18	1018	0,250
B27	-16°17'57,120"	-48°56'43,080"	1079	8	28	1,3	20	1071	0,065
B28	-16°20'38,400"	-48°54'38,520"	1028	9	60,3	7,9	51,3	1019	0,154
B29	-16°24'13,680"	-48°58'25,320"	1144	22	24	2,4	2	1122	1,200
B30	-16°25'24,240"	-48°58'36,480"	1069	16,38	44,92	2,82	28,54	1052,62	0,099
B31	-16°19'36,120"	-48°57'10,080"	1003	14,2	60,76	2,4	46,56	988,8	0,052
B32	-16°21'19,800"	-48°55'28,920"	1096	14,2	62	2,4	47,8	1081,8	0,050
B33	-16°22'21,000"	-48°54'33,480"	1001	5,45	26,64	9,31	21,19	995,55	0,439
B34	-16°19'35,040"	-48°57'10,080"	1004	2	65,93	2,03	63,93	1002	0,032

B35	-16°21'33,120"	-48°55'14,880"	1107	8	58,8	3,77	50,8	1099	0,074
B36	-16°22'28,200"	-48°54'56,880"	1019	2	70	2	68	1017	0,029
B37	-16°19'36,120"	-48°57'10,080"	1003	4,35	26	11,5	21,65	998,65	0,531
B38	-16°19'36,120"	-48°57'10,080"	1003	5,38	30	10	24,62	997,62	0,406
B39	-16°19'36,120"	-48°57'10,080"	1003	11,3	66,8	0,8	55,5	991,7	0,014
B40	-16°19'36,120"	-48°57'10,080"	1003	10,4	53	3,8	42,6	992,6	0,089
B41	-16°17'49,200"	-48°57'2,880"	1093	8	28	0,9	20	1085	0,045
B42	-16°17'51,000"	-48°57'7,920"	1091	12	51	2	39	1079	0,051
B43	-16°17'45,240"	-48°57'10,440"	1108	7	38	3,6	31	1101	0,116
B44	-16°19'49,080"	-48°55'42,600"	1030	7	18	14	11	1023	1,273
B45	-16°19'41,880"	-48°55'53,040"	1017	10	29	2	19	1007	0,105
B46	-16°19'52,680"	-48°55'49,440"	1019	10	28	2,5	18	1009	0,139
B47	-16°21'15,480"	-48°56'20,760"	1079	10	50	0	40	1069	0,000
B48	-16°14'44,520"	-48°56'42,000"	1036	8,6	21,87	10,43	13,27	1027,4	0,786
B49	-16°25'20,280"	-48°58'51,240"	1099	1	78,42	2,14	77,42	1098	0,028
B50	-16°19'36,120"	-48°57'10,080"	1003	5,3	80	1,4	74,7	997,7	0,019