



UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE JURUTI
BACHARELADO EM ENGENHARIA DE MINAS

ERISSON PEREIRA BRUCE

**EXPLOTAÇÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS: UM LEVANTAMENTO
QUANTITATIVO DO CONSUMO NO MUNICÍPIO DE JURUTI – PA**

JURUTI

2023

ERISSON PEREIRA BRUCE

**EXPLOTAÇÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS: UM LEVANTAMENTO
QUANTITATIVO DO CONSUMO NO MUNICÍPIO DE JURUTI – PA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Campus Universitário de Juruti para obtenção do
grau de Bacharel em Engenharia de Minas, pela
Universidade Federal do Oeste do Pará.
Orientador: Msc. Régis Quesada Casquet

JURUTI

2023

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBI/Ufopa

B886e Bruce, Erisson Pereira
 Exploração de águas subterrâneas: um levantamento quantitativo do
 consumo no município de Juruti - PA./ Erisson Pereira Bruce. – Juruti, 2023.
 50 p. : il.
 Inclui bibliografias.

 Orientador: Régis Quesada Casquet.
 Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal do
 Oeste do Pará, Campus Universitário de Juruti, Bacharelado em Engenharia de
 Minas.

 1. Águas subterrâneas. 2. Poços tubulares. 3. Crescimento populacional.
 I. Casquet, Régis Quesada, *orient.* II. Título.

CDD: 23 ed. 551.49098115

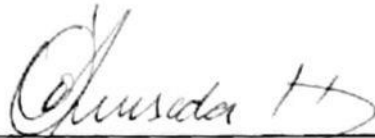
ERISSON PEREIRA BRUCE

**EXPLOTAÇÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS: UM LEVANTAMENTO
QUANTITATIVO DO CONSUMO NO MUNICÍPIO DE JURUTI – PA**

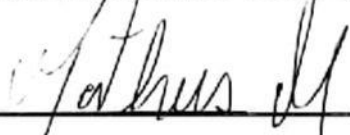
Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Campus Universitário de Juruti para obtenção do
grau de Bacharel em Engenharia de Minas, pela
Universidade Federal do Oeste do Pará.
Orientador: Msc. Régis Quesada Casquet

Conceito: Aprovado

Data da aprovação: 06/11/2023



Orientador - Msc. Régis Quesada Casquet
Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA)



Msc. Matheus Diniz Pinto de Moraes
Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA)



Msc. Alan Anderson de Arruda Tino
Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA)

À minha família, em especial minha mãe Ezileni e meu pai Francisco.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela minha vida e por ter me sustentado durante as dificuldades, à minha mãe Ezileni que sempre me motivou em seguir no universo dos estudos, aos meus familiares pelo incentivo e ao meu orientador pelo tempo dedicado.

RESUMO

As águas subterrâneas apresentam grande importância para o abastecimento urbano, de modo que no município de Juruti, a água utilizada para consumo doméstico é totalmente proveniente dos mananciais subterrâneos. Nas últimas décadas, município vem apresentando um crescimento populacional em decorrência de vários fatores, e o suprimento hídrico para atender a população deve de tal forma o acompanhar. O presente trabalho visa fazer um levantamento do volume de água explorado por poços tubulares para o abastecimento urbano em função do crescimento populacional, e concluir se tal exploração está ocorrendo de forma adequada e contribuir para as funções sociais e ambientais das águas subterrâneas. Para a elaboração conceitual sobre os temas de águas subterrâneas e poços tubulares, foi realizada uma pesquisa bibliográfica na área de hidrogeologia, onde as fontes de consulta se basearam em livros, artigos, revistas e pesquisas na internet. Para a coleta dos dados de vazão dos poços, foi consultado o Sistema de Informações de Águas Subterrâneas, que é banco de dados online sobre poços desenvolvido pelo Serviço Geológico do Brasil. Assim foi concluído que a exploração da água presente no subsolo envolve grandes volumes e ocorre de forma constante, havendo um aumento nos últimos anos, mas é destacado também o fato de que essa exploração é realizada de forma segura para a população e para o meio ambiente.

Palavras-chave: Águas subterrâneas. Poços Tubulares. Crescimento populacional.

ABSTRACT

Groundwater is of great importance for urban water supply, so in the municipality of Juruti, water used for domestic consumption comes entirely from underground sources. In recent decades, the municipality has been experiencing population growth as a result of several factors, and the water supply to serve the population must keep pace with it. The present work aims to survey the volume of water exploited by tubular wells for urban supply due to population growth, and to conclude whether such exploitation is occurring appropriately and contributing to the social and environmental functions of groundwater. For the conceptual elaboration on the topics of groundwater and tubular wells, a bibliographical research was carried out in the area of hydrogeology, where the consultation sources were based on books, articles, magazines and internet searches. To collect well flow data, the Groundwater Information System was consulted, which is an online database on wells developed by the Geological Survey of Brazil. Thus, it was concluded that the exploitation of water present in the subsoil involves large volumes and occurs constantly, with an increase in recent years, but it is also highlighted the fact that this exploitation is carried out in a safe way for the population and the environment.

Keywords: Groundwater. Tubular Wells, Population growth.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização de Juruti (indicada pela cor vermelha).....	16
Figura 2 - Rochas sedimentares: a) Arenitos; b) Argilito; c) Siltitos; d) Conglomerados.....	18
Figura 3 - Distribuição da água no subsolo.....	19
Figura 4 - Províncias Hidrogeológicas do Brasil.	21
Figura 5 - Sistema de Aquíferos Grande Amazônia (SAGA).	23
Figura 6 - Afloramento do Aquífero Alter do Chão no Pará.	24
Figura 7 - Perfil construtivo de poço tubular.	26
Figura 8 - Perfuratriz e coluna de perfuração percussiva.	28
Figura 9 - Coluna de perfuração do método percussivo.	30
Figura 10 - Coluna de perfuração rotopneumática.	31

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Crescimento populacional de Juruti.	36
Gráfico 2 - Poços tubulares em Juruti.....	38
Gráfico 3 - Vazão dos poços na zona urbana e rural.....	43
Gráfico 4 - Vazão total nos anos de 2009 a 2016.....	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Poços operando em 2009.....	39
Tabela 2 - Poços registrados em 2016.	39
Tabela 3 – Poços da zona rural em 2009.	40
Tabela 4 - Poços da zona rural em 2016.....	41

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 Objetivos gerais	14
1.2 Objetivos específicos	14
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
2.1 O município.....	15
2.2 Hidrografia da região	16
2.3 Geologia e solos	17
2.4 Águas subterrâneas.....	18
2.5 Aquíferos	20
2.6 Exploração das águas subterrâneas.....	24
2.6.1 Poços Tubulares.....	25
2.6.2 Métodos de perfuração de poços tubulares.....	26
2.6.2.1 Percussão.....	26
2.6.2.2 Rotativo.....	28
2.6.2.3 Rotopneumático.....	30
2.6.3 Complementação dos poços tubulares.....	31
2.6.3.1 Revestimento.....	31
2.6.3.2 Filtro e Pré-filtro	32
2.6.3.3 Cimentação.....	32
2.6.3.4 Bombeamento.....	33
3 METODOLOGIA DE PESQUISA	35
4 RESULTADOS	36
4.1 Crescimento da população.....	36
4.2 Poços de captação	37
4.3 Consumo de água no município.....	38

4.3.1 Zona urbana	39
4.3.2 Zona rural	40
5 DISCUSSÕES.....	42
5.1 Levantamento sobre o consumo.....	42
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	45
7 REFERÊNCIAS	46
ANEXOS.....	49

1 INTRODUÇÃO

A água é uma substância essencial para a manutenção da vida, é também a substância mais abundante na superfície do planeta (TEIXEIRA et al. 2009). A nível global, a água cobre cerca de 75% da superfície da Terra, sendo que a grande parte dela é imprópria para o consumo humano, pois 97% dessa água é salgada. Dos 3% restantes que são águas doces, 68,9% se encontram nas calotas polares, 29,9% nos aquíferos, os rios e lagos representam 0,3% e 0,9 são outros tipos de ocorrências hídricas. A importância da água para a história da humanidade pode ser demonstrada com as primeiras civilizações, que se desenvolveram socialmente e constituíram culturas agrícolas em torno dos cursos de água.

A água subterrânea é aquela que ocorrem abaixo da superfície do solo, preenchendo os poros das formações geológicas, e possuem grande importância social, ambiental e econômica. Hirata et. al. (2019) ressalta que elas são essenciais para a vida, pois abastecem as cidades, o campo, servem de insumo para inúmeras atividades econômicas e sustentam vários sistemas aquáticos como, rios, lagos mangues e pântanos.

Para cumprir sua importância social, as águas subterrâneas são exploradas através de poços que são perfurados no solo até atingir a ocorrência hídrica subterrânea. Esses poços possuem diferentes tipos, diferenciando em seus métodos construtivos e tecnologia empregada e o volume de água a ser explorado. Para esse trabalho será abordado os poços tubulares, pois constituem um projeto de engenharia e possuem técnicas específicas, além de desempenharem um papel ambiental para extração sustentável de água subterrânea.

O abastecimento de água é um dos principais desafios para qualquer aglomeração urbana, hoje em dia sabemos que a tecnologia existente para pesquisa e captação da água subterrânea, possibilita à população o acesso a esse líquido tão essencial para a manutenção da vida, de forma eficiente e constante. Além disso, Hirata et. al. (2019), afirmam que: “52% dos 5.570 municípios brasileiros dependem total (36%) ou parcialmente (19%) das águas subterrâneas para o abastecimento público”.

Juruti conta com uma rede própria de distribuição de água, denominada Microssistema de Abastecimento, onde a prefeitura é o órgão responsável por construir os poços e de fazer a distribuição de água para a população. Andrade (2015 apud HELLER E PAULA, 2006), em sua tese de mestrado, define um sistema de abastecimento de água como “o conjunto de obras, equipamento e serviços destinados ao abastecimento de água potável de uma comunidade para fins de consumo doméstico, serviços públicos, consumo industrial e outros usos”

O município sempre foi considerado uma cidade com economia voltada para a agricultura e pesca, mas nos últimos 10 anos, essa realidade foi consideravelmente transformada. Nesse período foi implantado um empreendimento mineiro na cidade, onde é extraído o minério de bauxita, matéria prima para a produção do alumínio. Com isso, houve mudanças de alguns indicadores municipais, como a economia, infraestrutura, segurança e densidade demográfica, por exemplo.

Desse modo, o presente trabalho visa quantificar o consumo de água em Juruti baseado no aumento da população residente no município nos últimos anos, para avaliar a taxa de variação do consumo de água subterrânea nesse intervalo de tempo. A taxa de consumo foi baseada na vazão diária dos poços operantes na região urbana e rural, onde foram abordados os dados provenientes apenas dos poços que possuem produção destinada para abastecimento urbano, incluindo os pertencentes à Prefeitura e alguns de cunho privado. Apoiado no aspecto legal, que compete ao Engenheiro de Minas o desempenho de atividades referentes à captação de água subterrânea, segundo o Art. 14 da Resolução nº 218, de 29 de junho de 1973 do Conselho Federal de Engenharia e Agronomia (CONFEA), e que o curso de Engenharia de Minas possui em sua grade curricular disciplinas como Geologia Estrutural, Hidrogeologia e Perfuração e Desmonte de Rochas, que possuem em suas ementas os conhecimentos necessários à pesquisa hidrológica e exploração de águas subterrâneas, que estão atrelados à proposta desse trabalho, foi desenvolvida a pesquisa e obtenção dos resultados.

1.1 Objetivos gerais

Esse trabalho tem como objetivo geral fazer um levantamento quantitativo do consumo de água subterrânea no município de Juruti, tendo como base a vazão dos poços tubulares, com ênfase somente nos poços utilizados para abastecimento urbano.

1.2 Objetivos específicos

Como objetivos específicos temos:

- Revisão bibliográfica com um histórico do município do município, geologia e hidrografia da região do Baixo Amazonas; discorrer os conceitos de águas subterrâneas e aquíferos.
- Apresentar o principal manancial responsável pelo abastecimento do município, sendo esse, o Aquífero Alter do Chão.
- Fazer uma análise do crescimento urbano nos últimos anos, principalmente depois da implantação de um empreendimento minerário no município.
- Apresentar os métodos de exploração das águas subterrâneas; os tipos de poços e métodos construtivos.
- Levantamento do volume de água explorado por poços tubulares para o abastecimento urbano.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

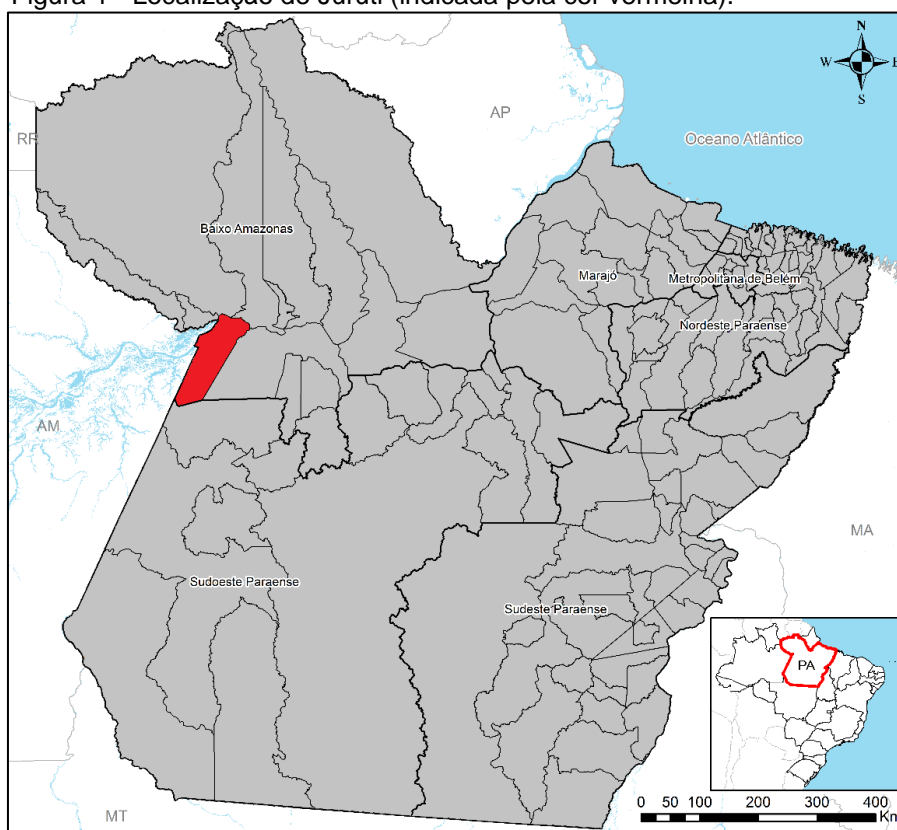
Para a elaboração da revisão bibliográfica e a contextualização dos assuntos, foram realizadas pesquisas baseadas em livros, artigos científicos, monografias, revistas, e coleta de dados e informações junto à órgãos competentes.

2.1 O município

Juruti está localizado no extremo oeste do estado do Pará à margem direita do Rio Amazonas, distante 848 km da capital Belém, está situado no interior da Região Amazônica (Figura 1). De acordo com o último censo demográfico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 2022 o município possuía uma população de 50.881 habitantes. Sua economia é baseada na Agropecuária, que contribui com 13,7% do Produto Interno Bruto (PIB) do município, e na indústria, com arrecadação de 34,8% (SEBRAE/PA, 2019), onde a principal atividade desenvolvida é a exploração mineral de bauxita.

Além da zona urbana, onde se encontra a sede do município, Juruti possui outras três sedes administrativas situadas na zona rural, sendo elas: Tabatinga, Castanhal, e Juruti-Velho (PREFEITURA DE JURUTI, 2023).

Figura 1 - Localização de Juruti (indicada pela cor vermelha).



Fonte: FAPESPA, 2016.

2.2 Hidrografia da região

Hidrografia é a ciência que estuda a distribuição da água em nosso planeta, sob os atributos de quantidade, qualidade e de interação com as sociedades humanas (NAGHETTINI; PINTO, 2007), tais distribuições estão concentradas em rios, lagos, canais e formam uma bacia hidrográfica. O conceito de bacia Hidrográfica varia de autor para autor, mas segundo PIROLI:

As bacias hidrográficas são áreas da superfície terrestre definidas pelo escoamento superficial e subsuperficial das águas da chuva que, ao caírem, são direcionadas pela gravidade, a partir dos divisores de água, para as regiões mais baixas do relevo predominantemente por ravinas, canais, córregos e tributários, até alcançar o rio principal. (PIROLI, 2022 p. 43).

O Brasil possui uma Divisão Hidrográfica Nacional, instituída pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), a qual estabelece doze Regiões Hidrográficas brasileiras (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, ANA, 2023), sendo a Região Hidrográfica Amazônica (RH Amazônica), a maior delas. Segundo a ANA, (2023), a RH Amazônica ocupa 45% do território nacional, abrangendo todos os estados da região norte e mais uma parte do Mato Grosso, possui uma extensa rede de rios que juntos somam um grande volume de água, onde os mais conhecidos são: o Rio Amazonas, Negro, Tapajós e Xingu. O principal rio de Juruti é o Amazonas, que possui inúmeros afluentes ao longo de seu percurso, e quando adentra no estado do Pará, recebe água principalmente dos rios Nhamundá, Trombetas e Tapajós (ANA, 2000), além vários afluentes menores.

Mesmo com essa imensa disponibilidade hídrica superficial, a água consumida no município de Juruti, e em praticamente todos os municípios da região, está presente no subsolo, nos grandes mananciais subterrâneos.

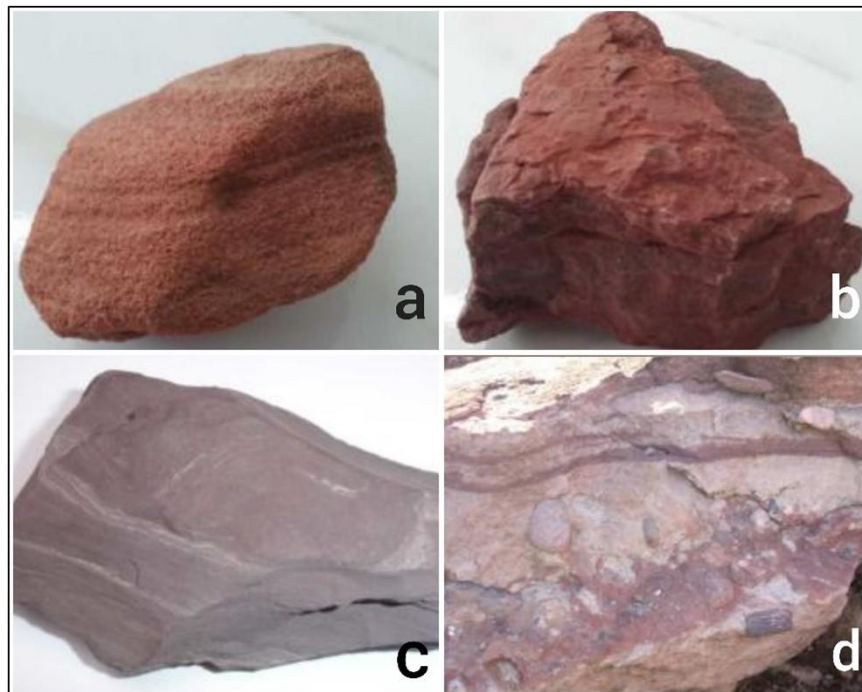
2.3 Geologia e solos

De acordo com dados do mapa da geologia do Pará, elaborado pelo IBGE, o território de Juruti se encontra sobre a Formação Alter do Chão, que se trata de uma estrutura geológica constituída por rochas sedimentares que constituem a bacia do Amazonas, onde se encontram arenitos, siltitos e argilitos geralmente avermelhados, além de conglomerados lenticulares com seixos arredondados. Exemplos das rochas sedimentares que compõem a Formação Alter do Chão estão presentes na Figura 2.

Ainda de acordo com mapa da geologia do Pará, o solo da região é constituído por basicamente duas coberturas cenozoicas: Aluviões Holocênicos, que são formados por depósitos grossos a conglomerados e materiais arenosos e; Terraços Holocênicos, que são formados por depósitos de planícies fluvial constituídos por cascalhos lenticulares, areias quartzosas inconsolidadas, silte e argilas. Além disso, possui ainda uma cobertura que possibilitou a descoberta e conseqüentemente a viabilidade econômica da exploração de bauxita no município, que é uma cobertura detrito-laterítica, que possui uma base com zona argilosa caulinítica, uma zona

bauxítica, formações gibsíticas, e zona ferruginosa com capeamento argiloso (IBGE, 2008).

Conglomerados. Figura 2 - Rochas sedimentares: a) Arenitos; b) Argilito; c) Siltitos; d)



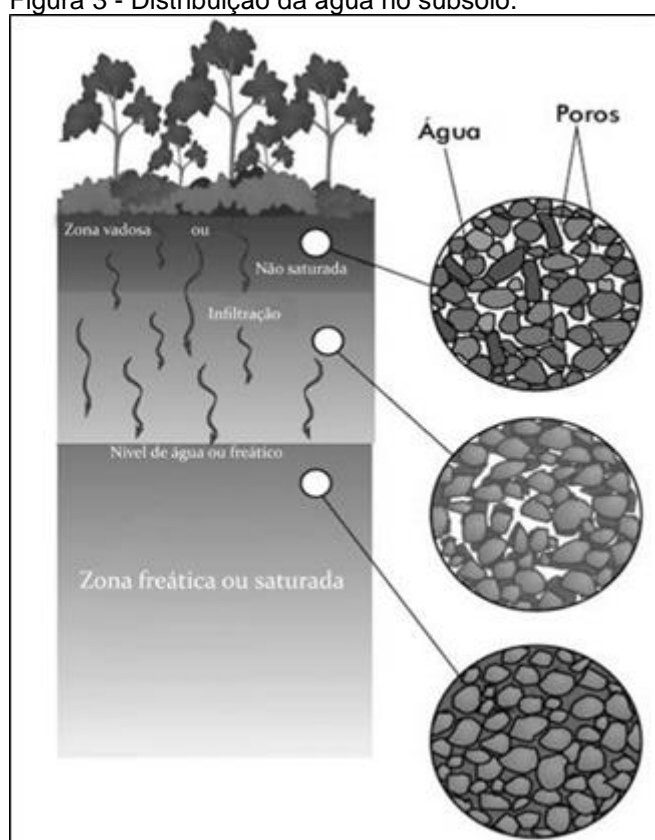
Fonte: Museu de solos do Rio Grande do Sul, 2023.

2.4 Águas subterrâneas

De acordo com Teixeira et al. (2009), toda água que ocupa vazios em formações rochosas é classificada como água subterrânea. Esses vazios são os poros existentes em rochas sedimentares, fraturas, falhas ou fissuras atreladas às rochas ígneas e/ou metamórficas (BORGHETTI et al. 2011). O principal fator responsável pela ocorrência de água subterrânea é a infiltração, que é favorecida pela existência de solos e formações rochosas permeáveis. Feitosa et. al. (2008), afirma que praticamente toda a água subterrânea existente na Terra tem origem no ciclo hidrológico. Desse modo, elas constituem uma parcela da água precipitada, e que ao chegar ao solo, parte dessa água se infiltra e percola pelo interior do subsolo (BORGHETTI et al. 2011).

Durante o processo de infiltração, parte da água fica retida nas regiões mais próximas da superfície do solo devido a força de adesão ou de capilaridade, constituindo a zona não saturada (ou vadosa), que é uma região do subsolo onde os poros estão parcialmente preenchidos de água, outra parte sob ação da gravidade, atinge regiões mais profundas, onde os poros estão completamente preenchidos, constituindo a zona saturada (BORGHETTI et al. 2011). Essas duas regiões são separadas por uma superfície denominada nível de água ou simplesmente, lençol freático (Figura 3).

Figura 3 - Distribuição da água no subsolo.



Fonte: Piroli, 2022.

Ainda de acordo com Borghetti et. al. (2011), existem alguns fatores que estão diretamente relacionados com infiltração da água no subsolo:

- Porosidade do subsolo: a presença de argila no solo diminui a permeabilidade, reduzindo a taxa de infiltração;
- Cobertura vegetal: um solo coberto por vegetação é mais permeável que um solo desmatado;

- Inclinação do terreno: em terreno com declividade muito acentuada, a água escorre mais rapidamente, diminuindo a possibilidade de infiltração;
- Tipo de chuva: chuvas intensas saturam rapidamente o subsolo, enquanto chuvas finas e demoradas levam mais tempo para se infiltrarem.

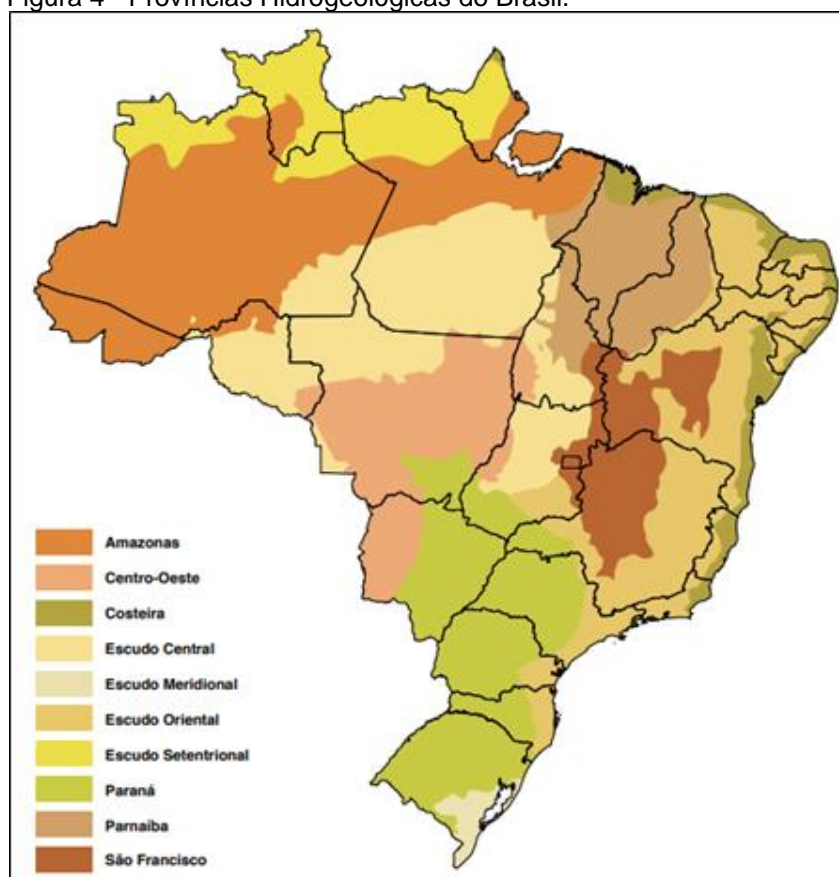
2.5 Aquíferos

“As unidades rochosas com capacidade de armazenar e transportar grande volume de água subterrânea, passível de ser explorada pela sociedade são chamadas de aquíferos” (TEIXEIRA, et al. 2009). Outro conceito para aquífero é mencionado por Borghetti et. al. (2011):

Aquífero é uma formação geológica do subsolo, constituídas por rochas permeáveis, que armazena água e seus poros e fissuras. Outro conceito refere-se aquífero como sendo, somente, o material geológico capaz de servir de depósito e de transmissor da água aí armazenada. Assim, uma litologia só será aquífera se, além de ter seus poros saturados (cheios) de água, permitir a fácil transmissão da água armazenada. (Borghetti et. al., 2011. p 132).

O Brasil possui um grande potencial hídrico subterrâneo, isso é favorecido também pelas formações geológicas existentes no território. Rebouças (2002), destaca que no quadro geológico do território brasileiro, pode-se identificar 10 províncias hidrogeológicas (Figura 4), essas províncias são entendidas como domínios geológicos onde as condições de estocagem, de fluxo, e de recarga natural são relativamente similares.

Figura 4 - Províncias Hidrogeológicas do Brasil.



Fonte: Borghetti et. al. (2011).

Desse modo, as águas subterrâneas no Brasil ocupam diferentes tipos de reservatórios, desde as zonas fraturadas do embasamento cristalino (escudo) até os depósitos sedimentares cenozoicos (bacias sedimentares), formando assim, três sistemas de aquíferos: porosos, fissurados e cársticos (BORGHETTI et. al., 2011). Rebouças (2002) ressalta ainda que metade do território nacional é formado de rochas sedimentares onde ocorrem 90% dos volumes de água subterrânea estocada no Brasil.

A constituição geológica de um aquífero é o que vai determinar a velocidade da água em seu meio, a qualidade da água e a sua qualidade como reservatório. Essa constituição é decorrente da sua origem geológica, podendo ser: fluvial, lacustre, eólica, glacial e aluvial para rochas sedimentares; vulcânicas para rochas fraturadas e metamórficas no caso de rochas calcáreas, determinando assim os diferentes tipos de aquíferos (BORGHETTI et. al., 2011). Segundo os mesmos autores, os aquíferos são classificados ainda de acordo com dois parâmetros: quanto à sua porosidade e quanto à pressão da água.

De acordo com sua porosidade, os aquíferos são classificados em três tipos:

- Poroso: é formado por rochas sedimentares consolidadas, sedimentos ou solos arenosos, onde a água circula pelos vazios formados entre os grãos de areia, silte e argila com diferentes granulometrias. Constituem os mais importantes aquíferos, devido ao grande volume de água que armazenam e pelas suas grandes extensões que ocupam. Ocorrem em bacias sedimentares. Esse tipo de aquífero possui uma porosidade homogeneamente distribuída, permitindo que a água flua em qualquer direção. A formação Alter do Chão faz parte desse grupo;
- Fraturado ou fissural: é formado por rochas ígneas e/ou metamórficas, onde a circulação da água se faz nas fraturas, fendas e falhas. Nesses aquíferos, a capacidade de acumular água está relacionada à quantidade de fraturas, aberturas e intercomunicações no interior dessas formações rochosas;
- Cársticos: é formado por rochas calcáreas e/ou carbonáticas, onde a água circula pelas fraturas e descontinuidades resultantes da dissolução do carbonato pela água.

Quanto à pressão da água, os aquíferos também são classificados em dois tipos:

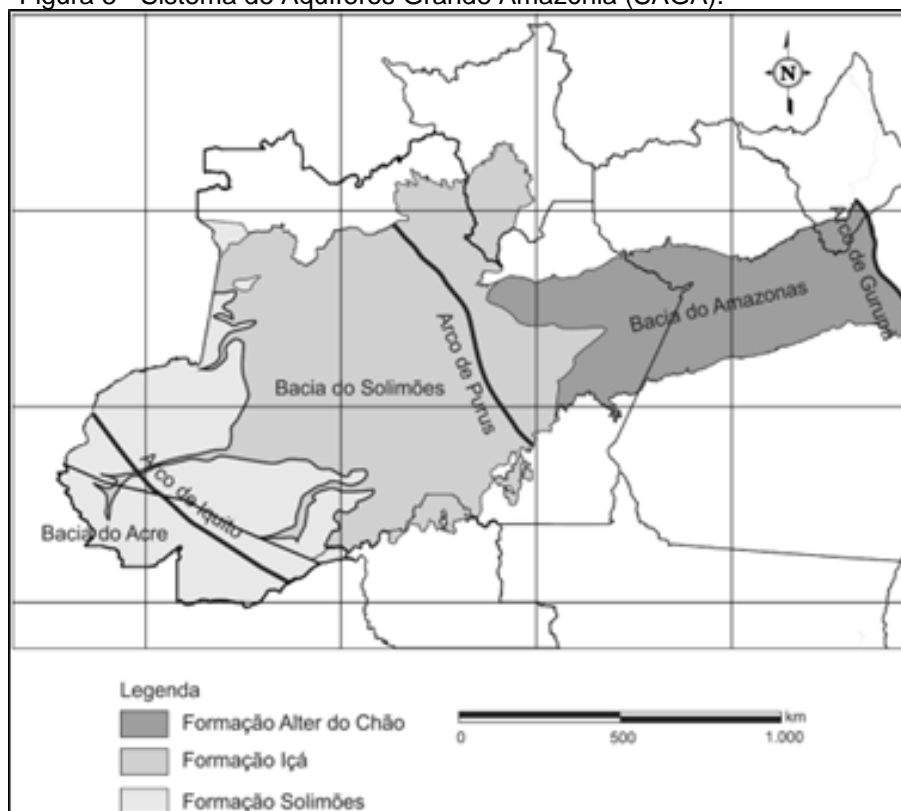
- Livre ou freático: é constituído por uma formação geológica permeável e superficial, totalmente aflorante em toda a sua extensão, sendo limitado na base por uma camada impermeável. A superfície superior da zona saturada está em equilíbrio com a pressão atmosférica, com a qual se comunica livremente.
- Confinado ou artesianos: é constituído por uma formação geológica permeável, confinada entre duas camadas impermeáveis ou semipermeáveis. A pressão é maior do que a atmosférica, o que faz com que a água suba até a superfície sem nenhum tipo de bombeamento, por isso ele também é denominado artesianos;

O principal manancial subterrâneo responsável por abastecer o município é o aquífero Alter do Chão, constituído pela formação rochosa sedimentar de mesmo

nome, e que segundo SOUZA, E. L. et al. (2013 apud CUNHA et al. 1994), “é caracterizado como sendo livre e confinado, representados por intercalações de arenitos, argilitos, siltitos e subordinadamente, conglomerados”, e de acordo com Tancredi (1996), a espessura média é de 50 m para os aquíferos livres e 450 m para a região confinada. O Sistema Aquífero Alter do Chão (SAC), é integrante de uma gigantesca estrutura geológica sedimentar, com grande disponibilidade hídrica, o Sistema Aquífero Grande Amazônia (SAGA), onde se destaca as Bacias sedimentares do Acre, Solimões, Amazonas e Marajó (Figura 5), esse sistema é considerado o maior reservatório aquífero do mundo, possuindo uma quantidade estimada de 162.520 km^3 (ABREU; CAVALCANTE; MATTA, 2013).

No estado do Pará, o SAC ocorre desde sua fronteira com o Amazonas, até a borda da Bacia do Marajó, abrangendo uma área de 9.870 km^2 , sendo aflorante em praticamente todos os municípios do oeste do Pará (JUNIOR, 2012), como podemos ver na Figura 6. Tancredi (1996), estimou o volume de reserva total do aquífero Alter do chão em aproximadamente $86,55 \times 10^9 \text{ m}^3$.

Figura 5 - Sistema de Aquíferos Grande Amazônia (SAGA).



Fonte: Souza et. al. (2013)

Figura 6 - Afloramento do Aquífero Alter do Chão no Pará.



Fonte: CRPM, 2012.

2.6 Exploração das águas subterrâneas

Hirata et. al. (2019) nos diz que a água subterrânea é o recurso natural mais extraído do subsolo brasileiro, atendendo as mais diversas atividades econômicas.

O método utilizado para acessar a água presente no subsolo é a perfuração de poços. Os poços seriam, no caso, o condutor do fluxo dos fluidos das formações rochosas para a superfície (CURI, 2017). Dependendo da profundidade do aquífero, da formação geológica do solo, da disponibilidade tecnológica e da produção que se deseja obter, a água subterrânea pode ser captada através de dois tipos de poços, que são subdivididos pelo modo de construção, diâmetro, revestimento e pressão hidráulica (VASCONCELOS, 2014).

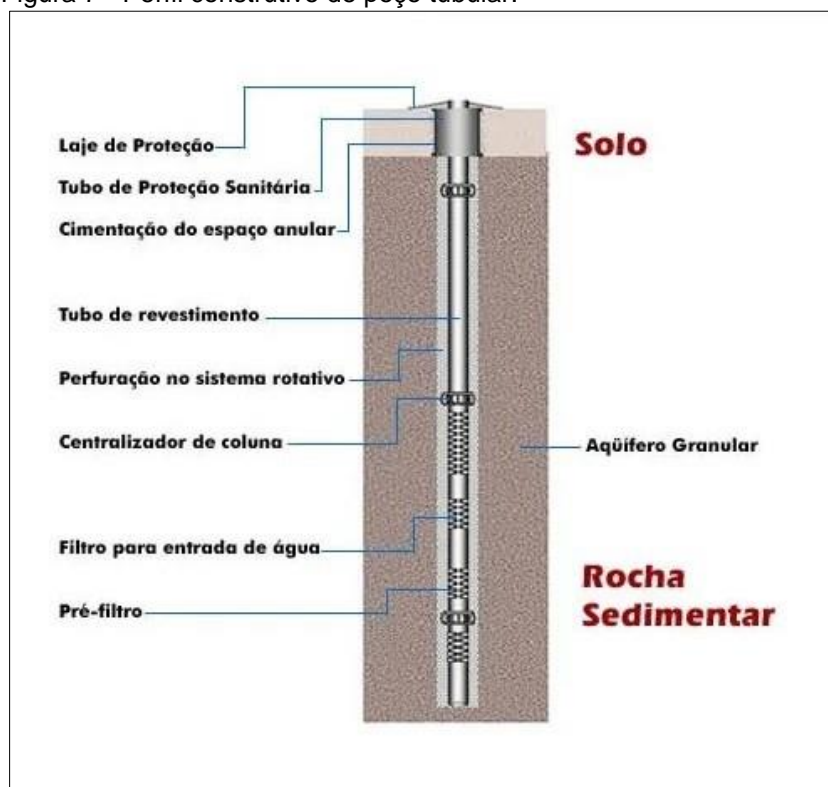
Feitosa et. al., (2008) destaca os principais tipos de poços de captação:

- Poços escavados manualmente: também conhecido como poço amazonas, cacimba ou cacimbão, são os tipos de poços mais primitivos e simples de todos, utilizado para captação de aquíferos que ocorrem próximos à superfície, podem receber revestimentos de argamassas, tijolos ou pedras para estabilizar suas paredes internas e geralmente possuem diâmetro maior que 0,5 m e com profundidades que variando de 1m a dezenas de metros. Eles não possuem um plano técnico de construção, podendo ocasionar danos aos mananciais subterrâneos.
- Poços tubulares: são os mais utilizados, possuem um amparo tecnológico, técnico e legal em sua construção, envolvendo escavação mecânica com vários métodos de perfuração, posteriormente recebem revestimentos de tubos metálicos ou de plástico. Possuem diâmetro menores que 0,5 m e alcançam maiores profundidades, chegando a centenas de metros.

2.6.1 Poços Tubulares

Feitosa et al. (2008) define poços tubulares aqueles que são perfurados para captação de água subterrânea e que após à perfuração recebem um revestimento constituído por tubos, sejam metálicos ou de plástico. O projeto construtivo desses poços possui um acompanhamento técnico e legal, onde há o cumprimento de normas específicas, com o objetivo de ter maior eficiência de produção e menor impacto ambiental. Sendo assim, é um projeto de engenharia que deve ser acompanhado por profissionais especializados tecnicamente como geólogos, engenheiros de minas ou outros profissionais capacitados no assunto. A Figura 7 mostra um exemplo do perfil construtivo de um poço tubular. No Brasil, existem duas normas que especificam como deve ser o projeto de poço tubular para captação de água subterrânea, e a construção desses poços, que são a NBR 12212 e a NBR 12244, respectivamente.

Figura 7 - Perfil construtivo de poço tubular.



Fonte: Hidrogeo.

2.6.2 Métodos de perfuração de poços tubulares

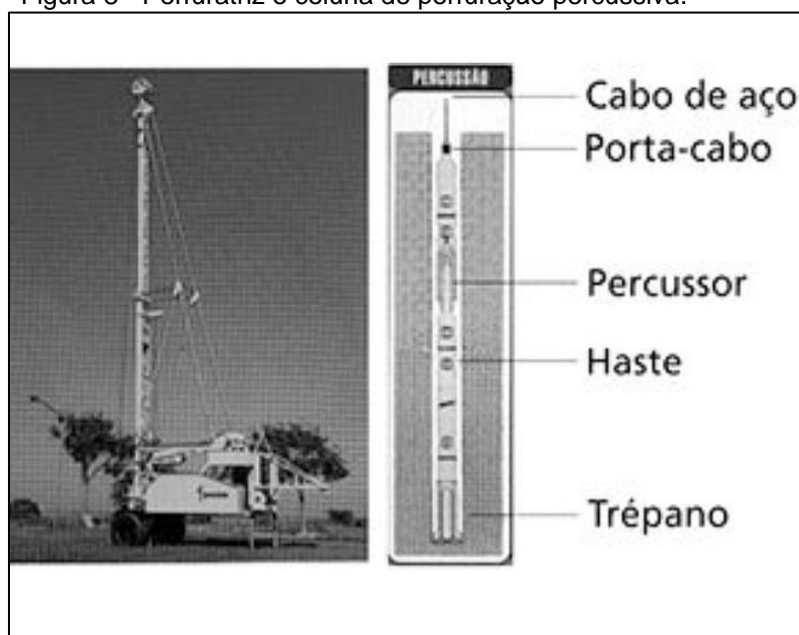
Os métodos mais utilizados para perfuração e construção de poços tubulares são: percussão, rotativo e rotopneumático.

2.6.2.1 Percussão

O método à percussão segundo Feitosa et al. (2008), baseia-se no movimento contínuo de subida e descida de uma ferramenta pesada, golpeando a formação rochosa, ocasionando assim sua desagregação e/ou fragmentação. As perfuratrizes utilizadas na perfuração à percussão, são geralmente de pequeno porte e de operação simples (Figura 8). Os equipamentos que compõem esse sistema são os seguintes:

- Trépano: ferramenta que tem a função de romper a rocha e se encontra na extremidade da coluna de perfuração, pesando de 100 a 500 kg, para pequenos diâmetros, e de 500 a até 1.200 kg para diâmetros maiores.
- Haste: tem a função de acrescentar peso à coluna de perfuração e manter a verticalidade do poço. Mede de 3 a 5 metros e pesa de 400 a 1000 kg.
- Percussor: ferramenta de maior dureza, previne possíveis aprisionamentos do trépano. Permite o movimento de batida nos sentidos ascendentes e descendente.
- Porta cabo: serve para prender o cabo de aço ao restante da coluna de perfuração.
- Balancim: componente que executa os movimentos de vai-e-vem do cabo de aço e de toda a coluna de perfuração.
- Caçamba de limpeza: ferramenta utilizada para remover de dentro do furo o material desagregado pelo trépano. A caçamba normalmente fica presa a um segundo cabo de aço independente do cabo da coluna de perfuração.

Figura 8 - Perfuratriz e coluna de perfuração percussiva.



Fonte: Giampá e Gonçalves, 2013.

2.6.2.2 Rotativo

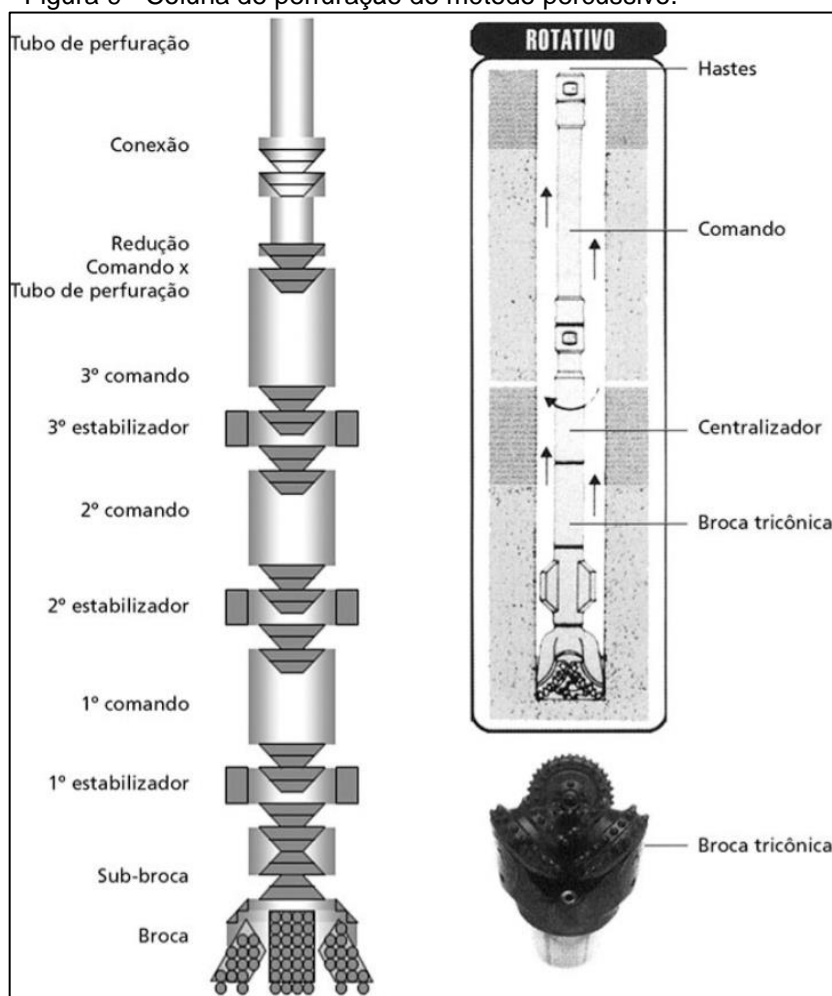
“O método rotativo baseia-se na trituração e/ou desagregação da rocha pelo movimento giratório de uma broca” (FEITOSA et. al., 2008). Esse sistema combina o efeito provocado por um peso sobre uma broca que gira, cortando e desagregando a rocha, junto a isso conta com a circulação contínua de um fluido que remove os detritos cortados, transportando-os para a superfície (GIAMPÁ; GONÇALES, 2013), (Figura 9).

Feitosa et. al. (2008), descreve os principais componentes da coluna de perfuração e da perfuratriz como os seguintes:

- Broca: peça que vai na extremidade inferior da coluna de perfuração e tem a função de desagregar e/ou triturar a rocha. A mais usada é o modelo tricônica.
- Sub-de-broca: peça que tem a função de unir a broca aos comandos.
- Comandos: são hastes posicionadas acima do sub-de-broca cuja função é dar peso à coluna de perfuração e evitar sua ruptura.

- **Hastes:** são as peças responsáveis por transmitir o movimento giratório da mesa rotativa para a broca em profundidade, além disso possuem a função de conduzir os fluidos de perfuração dos tanques de lama para o fundo do poço, portanto são ocas.
- **Mesa rotativa:** é a peça responsável pelo movimento giratório da coluna de perfuração.
- **Kelly:** é uma haste com secção quadrada ou hexagonal acoplada acima da mesa giratória, e que tem a função de receber e transmitir os movimentos de torção à coluna.
- **Swivel:** é uma peça rosqueada que se encontra no topo do *Kelly* e permite o engate da mangueira da bomba de lama (que é fixa) à coluna de perfuração (que é giratória). Trata-se de uma peça especial, pois possibilita a união desses dois elementos.
- **Bomba de lama:** serve para bombear o fluido de perfuração para o fundo do poço através da coluna de perfuração, ou o sentido contrário, bombeando o fluido do poço pelas hastes para os tanques de lama.
- **Fluido de perfuração:** é essencial para o sucesso da perfuração pois possui algumas funções importantes, como: sustentar as paredes do poço durante a perfuração; limpeza do material desagregado, trazendo-o para a superfície; manutenção dos fragmentos em suspensão; lubrificação, limpeza e resfriamento da broca e das hastes.

Figura 9 - Coluna de perfuração do método percussivo.



Fonte: Giampá e Gonçales, 2013.

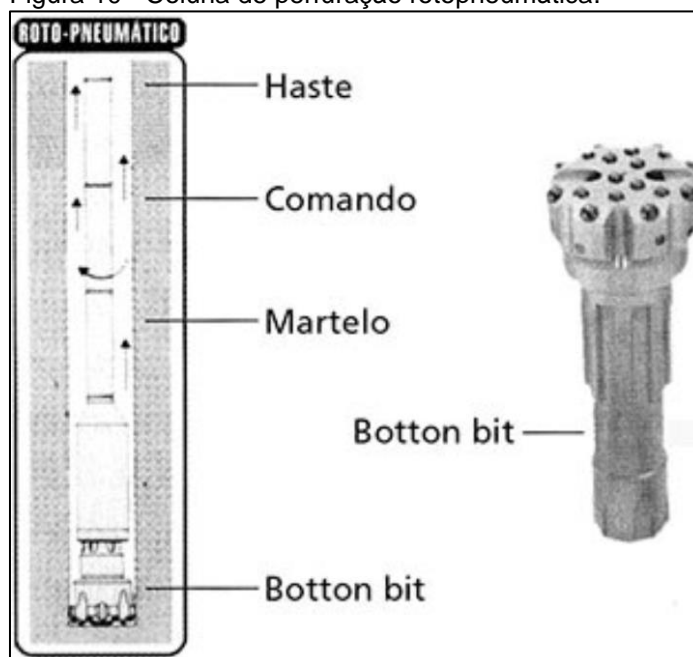
2.6.2.3 Rotopneumático

Também conhecido como sistema de perfuração rotativa com ar comprimido, é uma tecnologia empregada na captação de água subterrânea em rochas duras. O sistema decorre da atuação do ar comprimido, produzido em altas pressões e grandes volumes, que, uma vez lançado pela coluna de perfuração, constituída pelas hastes, permite o acionamento de um martelo pneumático e de uma ferramenta de corte da rocha, denominada *botton bit* (Figura 10).

O ar comprimido passa por um equipamento chamado martelo, que possui um sistema de pistões e que irá provocar a percussão responsável por acionar o *botton bit* localizado logo abaixo, fazendo assim a perfuração e fragmentando a rocha. A

rotação da coluna de perfuração é acionada pelo cabeçote hidráulico rotativo e mesa rotativa que manterá a circularidade do furo e comandará o avanço da perfuração (*pull down*). O ar que passa pelo martelo sairá pelos orifícios centrados na base do *bit*, retornando para a superfície e transportando os detritos, realizando assim a limpeza do furo e possibilitando seu avanço (GIAMPÁ; GONÇALES, 2013). Os equipamentos desse sistema são similares ao sistema rotativo convencional, nesse caso o fluido de perfuração é o ar comprimido.

Figura 10 - Coluna de perfuração rotopneumática.



Fonte: Giampá e Gonçalves, 2013.

2.6.3 Complementação dos poços tubulares

2.6.3.1 Revestimento

Esta etapa é realizada após a perfuração da formação rochosa, o revestimento é composto por tubos, e são instalados ao longo de toda a extensão do furo e que tem a finalidade de sustentar a parede do poço. Os tipos mais utilizados são os metálicos e os de PVC geomecânicos (CRPM, 1998). A região do revestimento onde é instalada a bomba, é denominada câmara de bombeamento, e o trecho do revestimento onde

a água adentra o poço, é ocupado por tubos ranhurados denominados filtros (FEITOSA et. al, 2008).

2.6.3.2 Filtro e Pré-filtro

Como já mencionado, o filtro é um trecho do revestimento que possui aberturas permitindo assim, a passagem da água do aquífero para o interior do poço, possui também a função de impedir a passagem de material fino durante o bombeamento e serve como suporte estrutural. Deve ser bem dimensionado em fatores como tamanho das aberturas, diâmetro, comprimento e resistência mecânica ideais (CRPM, 1998). As ranhuras presentes em suas paredes possuem diversos formatos, como: ranhura contínua, em ponte, e em veneziana, por exemplo. Dentre esses, o tipo mais utilizado é filtro de ranhura contínua, pois apresentam melhor rendimento, sendo também o mais caro.

O pré-filtro “é o preenchimento de cascalho colocado no espaço anelar, existente entre o revestimento/filtro e a perfuração” (FEITOSA, 2008), por isso seu processo de instalação é denominado encascalhamento. Possui a função de estabilizar areias finas, evitando colapsos das formações rochosas sobre o filtro e aumentando a vida útil do poço. Ele ainda aumenta a condutividade hidráulica, pois deve possuir uma permeabilidade maior que a formação geológica natural.

2.6.3.3 Cimentação

“A colocação de pasta de cimento no espaço anelar entre o revestimento e a parede do poço, ou em casos especiais, dentro do próprio poço, é denominada de cimentação” (FEITOSA et. al., 2008). Esse procedimento possui algumas finalidades como:

- Fixação: é uma finalidade básica para a construção do poço tubular, e tem por objetivo fixar o revestimento à parede do poço, dando estabilidade permanente para a obra.
- Proteção sanitária: a cimentação anelar no topo do poço impedirá que águas contaminadas da superfície se infiltre e contamine a água explotada pelo poço.
- Vedação: se um poço é abandonado, deve ser totalmente preenchido com pasta de cimento, fechando assim o acesso de possíveis infiltrações que possam poluir o manancial subterrâneo.

2.6.3.4 Bombeamento

Após o processo de perfuração e complementação do poço, segue-se para a etapa de implementação de sistema de bombeamento para a extração da água. Os sistemas mais utilizados envolvem o de motobomba submersa, injetora e ar comprimido (FELISARDO, 2014). O CRPM (1998), descreve como funciona a instalação e execução desses sistemas:

- Bomba submersa: é utilizada para grandes vazões, com profundidade variada e requer a existência de rede elétrica trifásica. Sua instalação é feita dentro do poço através de um cano (tubo edutor), que liga a bomba ao reservatório, e um fio grosso que liga a bomba a um quadro elétrico situado, geralmente numa casa de bomba (ou de força).
- Bomba injetora: utilizada para vazões de médio e pequeno porte. Sua instalação é feita com um bico injetor (ou válvula de pé), dentro do poço mediante dois canos (tubo injetor fino e tubo edutor grosso), que liga o bico injetor à bomba que fica fora do poço, dentro de uma casa de bomba. Da bomba, sairá um cano que conduzirá a água ao reservatório.
- Ar comprimido: por um motor externo (compressor) é injetado o ar comprimido dentro do poço através de um cano de reduzido diâmetro (injetor de ar); o ar injetado faz com que a água suba à superfície por um

outro tubo de maior diâmetro (tubo edutor) e a encaminha até reservatório externo.

3 METODOLOGIA DE PESQUISA

Após a abordagem conceitual dos assuntos de hidrogeologia e técnico que compreende os poços tubulares, o trabalho se direcionou para a pesquisa sobre os dados reais do consumo de água subterrânea no município.

Primeiramente, era necessário ter acesso aos dados sobre a vazão dos poços de captação, assim, foi elaborado um ofício de requerimento assinado digitalmente pelo orientador, o qual se encontra no Anexo A, e foi encaminhado por e-mail e entregue fisicamente à Secretaria Municipal de Planejamento e Finanças, que é a responsável por possuir os dados de interesse. Porém, não foi obtido sucesso nessa comunicação, não havendo nenhuma resposta do órgão.

Sendo assim, optou-se pela pesquisa desses dados no site do Serviço Geológico do Brasil – CPRM, que conta com o Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS), sistema que é constituído por um banco de dados de poços permanentemente atualizada. Dessa forma, o SIAGAS é uma base nacional compartilhada para armazenagem, manuseio, intercâmbio e difusão de informações sobre águas subterrâneas. Assim, foi alcançado os dados necessários para o propósito deste trabalho.

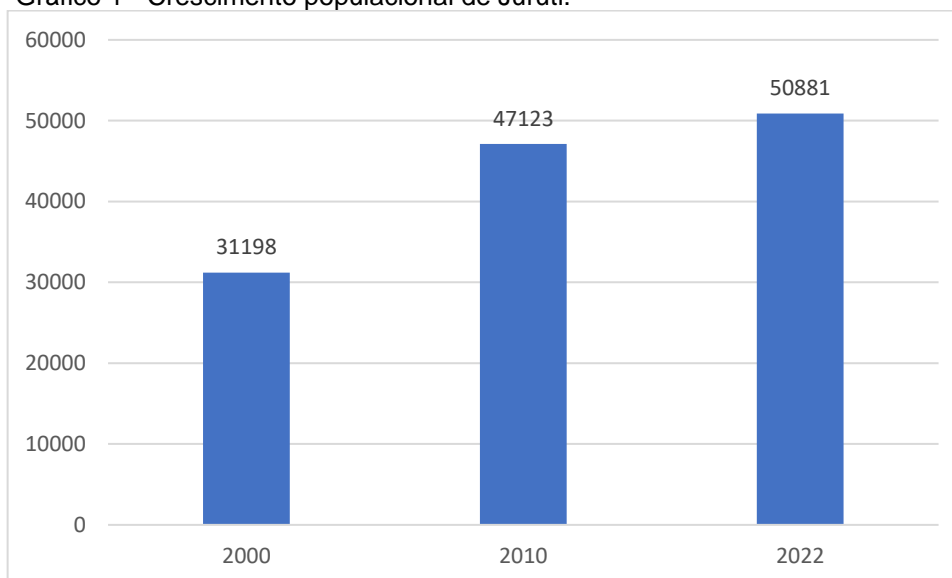
Após a obtenção dos dados, foi feita a análise quantitativa e gráfica do consumo utilizando planilhas do Excel. Vale ressaltar que o consumo de água no município foi baseado na vazão após o teste de bombeamento dos poços em metros cúbicos por hora.

4 RESULTADOS

4.1 Crescimento da população

A população de Juruti, segundo o último censo demográfico realizado pelo IBGE em 2022, era de 50.881 habitantes. Um aumento de 7,9% em relação ao censo anterior, divulgado em 2010, quando havia 47.123 habitantes. De acordo com Silva & Silva (2016), podemos relacionar esse crescimento populacional à migração de pessoas de cidade vizinhas que vieram em busca de trabalho e melhores condições de vida sendo atraídas pelo projeto minerador na cidade, mas muito em conta também de funcionários da própria empresa advindos de outras regiões e outros fatores como natalidade¹, qualidade de vida e desenvolvimento social. Para essa análise de crescimento foi utilizado os censos do IBGE dos anos de 2000, 2010 e 2022 (Gráfico 1).

Gráfico 1 - Crescimento populacional de Juruti.



Fonte: elaborado pelo autor (2023).

¹ Número de pessoas que nasce em um país, cidade ou região.

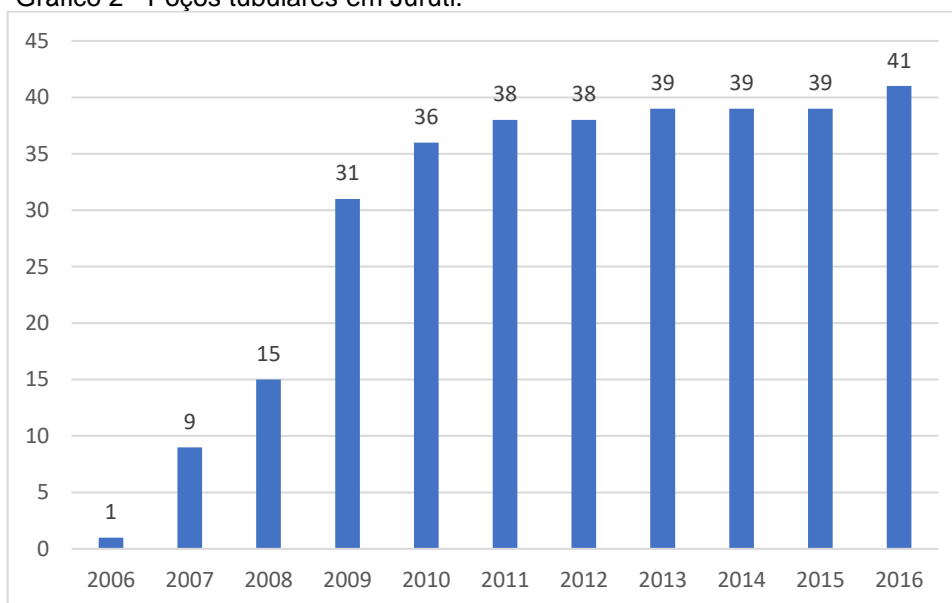
4.2 Poços de captação

Em uma busca realizada no SIAGAS, disponível em siagasweb.sgb.gov, foram identificados 81 pontos de captação de água subterrânea, nos quais envolvem poços da rede pública e privados. Diante dessas informações, foi decidido fazer o levantamento de consumo dos poços em operação na zona urbana e na zona rural, incluídos somente os que possuem captação de água destinada para abastecimento urbano, essa restrição foi definida pois o propósito da pesquisa é voltado para o consumo em função do crescimento populacional, excluindo assim os poços que exploram água para uso industrial.

Após o tratamento dos dados, foram identificados desde o ano de 2006 quando se tem o primeiro registro no SIAGAS dos poços em Juruti, 41 pontos de captação para abastecimento doméstico, sendo 14 na zona urbana e 27 na zona rural. Como não há identificado a vazão diária de cada poço, buscou-se fazer a análise pela taxa de vazão após o teste de bombeamento, que é definida num intervalo de tempo de 24 horas.

No Gráfico 2 podemos acompanhar como foi o aumento da quantidade de poços perfurados em Juruti. Esses dados são fornecidos pelos poços registrados no banco de dados, sendo que existem inúmeros poços operando sem o conhecimento do CRPM, ou que simplesmente ainda não foram catalogados no sistema.

Gráfico 2 - Poços tubulares em Juruti.



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

Dessa forma, para fazer o levantamento do consumo no município, fez-se o somatório das vazões dos poços em dois períodos:

- 2009: ano em que já existiam uma quantidade considerável de poços (31) e;
- 2016: ano em que foi registrado no SIAGAS o último cadastro de poços para abastecimento doméstico.

4.3 Consumo de água no município

Vazão é a uma quantidade volumétrica de algum fluido que escoar por um determinado intervalo de tempo e é medida em metros cúbicos por hora (m^3/h).

4.3.1 Zona urbana

Em 2009, haviam 11 poços em operação, descritos na Tabela 1.

Tabela 1 - Poços operando em 2009

Código do ponto	Nome	Vazão m^3/h	Vazão diária m^3/d	Proprietário	Ano
1500004649	Poço Bom Pastor 01	37	888	PMJ*	2007
1500004650	Poço Bom Pastor 02	13,4	321,6	PMJ	2007
1500004652	Pç-04	4,7	112,8	PMJ	2007
1500004653	Pç-05	4,8	115,2	PMJ	2007
1500004654	Pç-06	3	72	PMJ	2007
1500005188	Poço Cosanpa	46,1	1.106,4	Cosanpa	2007
1500005189	Poço Microssistema Bom Pastor	12	288	PMJ	2006
1500005191	Poço Captação São Marcos	30	720	PMJ	2009
1500005192	Poço Captação Sta. Rita	65	1.560	PMJ	2009
1500005193	Poço Maracanã	70	1.680	PMJ	2009
1500005210	Poço Bom Pastor	140	3.360	PMJ	2009
Somatório		426	10.224		

Fonte: Próprio autor, 2023. (*Prefeitura municipal de Juruti)

Diante da tabela apresentada, foi identificado a vazão em metros cúbicos por hora de cada poço, e que juntos produziam $426 m^3/h$ de água. E para estimar a vazão diária foi multiplicado a vazão em horas por 24, para cada poço, chegando a um total de produção de $10.224 m^3/d$ pelos 11 poços no ano de 2009, na zona urbana de Juruti.

No ano de 2016, registrou-se o acréscimo de mais 3 poços no banco de dados

Tabela 2 - Poços registrados em 2016.

Código do ponto	Nome	Vazão m^3/h	Vazão diária m^3/d	Proprietário	Ano
1500007276	Poço Bom Pastor	7,1	170,4	PMJ	2013

1500010505	Semas_982780	43	1.032	ALCOA WORLD ALUMINA BRASIL LTDA	2016
1500010506	Semas_902461	31	744	ALCOA WORLD ALUMINA BRASIL LTDA - CONDOMÍNIO ALCOA	2016
Somatório		81,1	1.946,4		

Fonte: próprio autor, 2023.

Esses poços produziam diariamente de 81,1 m^3/h , e durante 24 horas, eles explotavam um total de 1.946,4 m^3/d

Esse valor será somado acima do valor explotado no ano de 2009 para determinar a taxa de variação de consumo.

4.3.2 Zona rural

Na zona rural do município existem um maior número de poços registrados, muito por conta da grande quantidade de comunidades que estão dispersas no território jurutiense, totalizando assim 27 pontos de captação para abastecer os microssistemas nas comunidades e vilas.

Tabela 3 – Poços da zona rural em 2009.

Código do ponto	Nome	Vazão m3/h	Vazão diária m3/d	Proprietário	Ano
1500005223	POÇO STÁ.TEREZINHA	35	840	PMJ	2009
1500005224	POÇO CABECEIRA	10	240	PMJ	2007
1500005225	POÇO SÃO PEDRO	30	720	PMJ	2009
1500005226	POÇO CAFÉ TORRADO	28	672	PMJ	2009
1500005227	POÇO S.RDO.ORIENTE	28	672	PMJ	2009
1500005228	POÇO STO.HILÁRIO	27	648	PMJ	2009
1500005229	POÇO STÁ.TEREZINHA	29	696	PMJ	2009

1500005230	POÇO PARAÍSO	21	504	PMJ	2009
1500005235	POÇO IGARAPÉ AÇÚ	21	504	PMJ	2008
1500005236	POÇO CASTANHAL-01	22	528	PMJ	2008
1500005237	POÇO CASTANHAL-02	21	504	PMJ	2008
1500005238	POÇO AREIAL	24,5	588	PMJ	2008
1500005239	POÇO JUSTINA	19	456	PMJ	2008
1500005240	POÇO S.J.DA MATARIA	18	432	PMJ	2009
1500005241	POÇO LAGUINHO	11	264	PMJ	2009
1500005242	POÇO CURUMUCURI	17,5	420	PMJ	2009
1500005243	POÇO PARAENSE	16	384	PMJ	2009
1500005244	POÇO SÃO JOSÉ	17	408	PMJ	2009
1500005251	POÇO JARARACA	19	456	PMJ	2008
1500005252	POÇO SÃO PAULO	13	312	PMJ	2007
Somatório		427	10.248		

Fonte: próprio autor, 2023.

No ano de 2009 (Tabela 3) havia 20 poços de captação, e que juntos extraíam $427 \text{ m}^3/\text{h}$ de água do subsolo e que no intervalo de 24 horas explotavam 10.248 m^3 para abastecimento doméstico.

Até o ano de 2016 foram registrados mais 7 pontos de captação (Tabela 4)

Tabela 4 - Poços da zona rural em 2016.

Código do ponto	Nome	Vazão m3/h	Vazão diária m3/d	Proprietário	Ano
1500005161	POÇO RECORDAÇÃO	10,2	244,8	INCRA*	2010
1500005162	POÇO RIO JORDÃO	9,7	232,8	INCRA	2010
1500005163	POÇO ESPERANÇA DOS MORAES	12	288	INCRA	2010
1500005231	POÇO BOA VISTA	16	384	PMJ	2010
1500005245	POÇO ARAÇÁ BRANCO	17	408	PMJ	2010
1500005246	POÇO HEBRON	21	504	PMJ	2011
1500005247	POÇO TABATINGA	30	720	PMJ	2011
Somatório		115,9	2.781,6		

Fonte: próprio autor, 2023. (*Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária)

Após a análise dos dados, foi constatado que esses poços retiravam $115,9 \text{ m}^3/\text{h}$, e diariamente, extraíam um volume de $2.781,6 \text{ m}^3/\text{d}$. Esse valor também será somado acima do volume explotado em 2009.

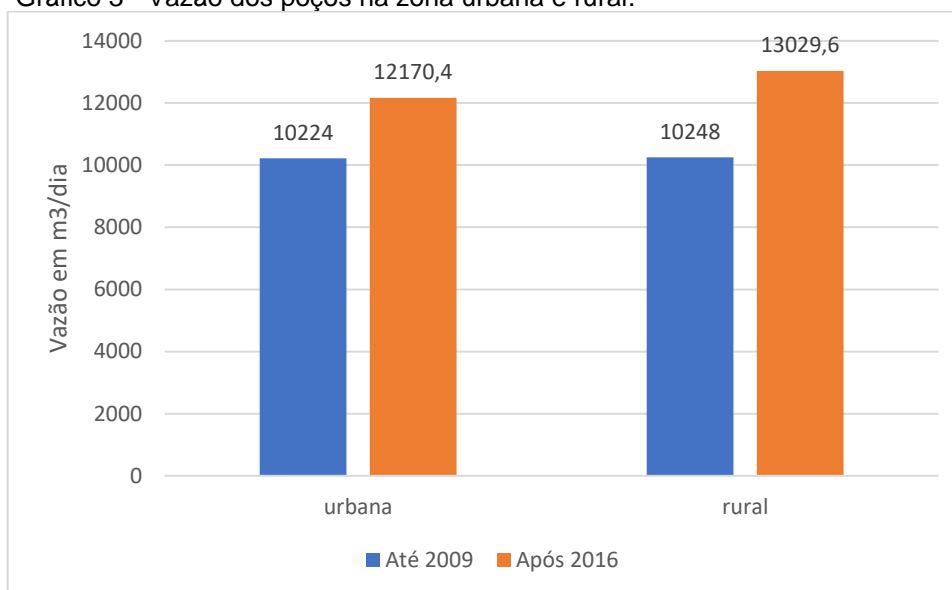
5 DISCUSSÕES

Através da pesquisa e análise dos dados, foi possível afirmar que existe um crescimento no número de poços perfurados no município, muito em função do crescimento populacional, pois a rede de distribuição de água precisa acompanhar o ritmo desse aumento demográfico para suprir as necessidades humanas. Esse crescimento urbano pode ser notado pelo surgimento de novos bairros, e que por esse motivo, exigem a necessidade de novos poços para suprir o abastecimento doméstico. Da mesma maneira, na zona rural também há um aumento da quantidade de microssistemas em operação, esses pontos ainda não possuem registro no SIAGAS, mas sabe-se que eles operam dentro dos padrões técnicos, legais e ambientais.

5.1 Levantamento sobre o consumo

A vazão dos poços existentes não reflete necessariamente o consumo da população, visto que há uma diferença de consumo em uma residência simples pelo fato de que existem dias em que o consumo é maior, por exemplo em dias em que fazem mais calor, segundo o IBGE em 2017, o uso de água pelas famílias foi de 116 litros diários. Desse modo o levantamento de consumo dos poços fora dividido e plotados em dois gráficos.

Gráfico 3 - Vazão dos poços na zona urbana e rural.



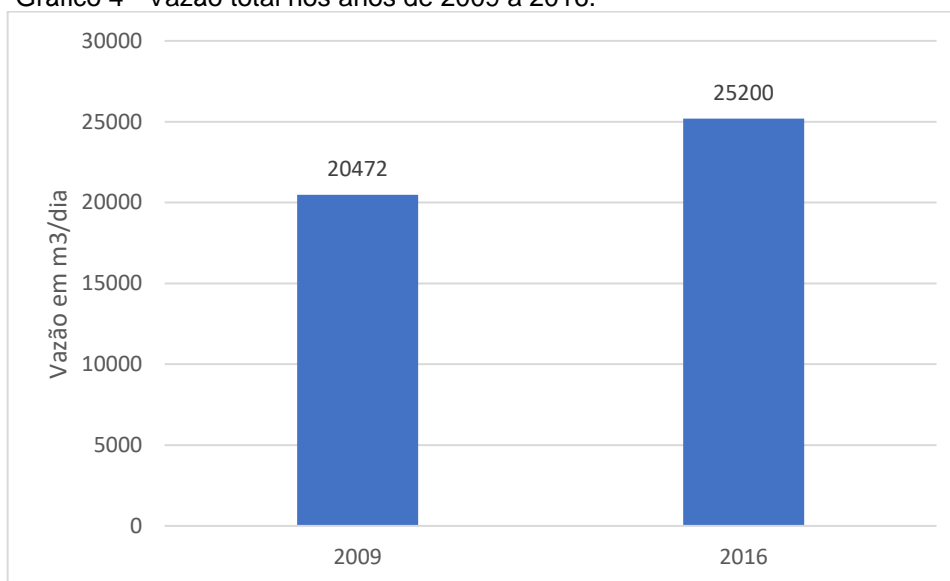
Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

O Gráfico 3 mostra as vazões dos poços da zona urbana e rural de Juruti, fazendo um comparativo entre os anos de 2009 e 2016, onde podemos identificar um considerável aumento do volume de água subterrânea explorada no município. Analisando os dados, identificamos que em 2009, na zona urbana, era extraída diariamente um valor de 10.224 m^3 de água, que convertendo para litros equivale a 10.224.000 litros. No ano de 2016, com aumento da quantidade de poços, esse valor subiu para $12.170,4 \text{ m}^3$, ou seja, 12.170.400 litros de água diariamente, com variação de $1.946,4 \text{ m}^3$ no intervalo de 7 anos.

Na zona rural de Juruti em 2009 havia 20 poços operantes segundo SIAGAS, que produziam $10.248 \text{ m}^3/d$. E no ano de 2016, com registro apontando o aumento de 7 poços além dos que já existiam, a produção diária subiu para $13.029,6 \text{ m}^3/d$, com variação de $2.781,6 \text{ m}^3/d$. Assim, constatou-se que na zona rural, o consumo ou vazão é ligeiramente maior que na sede municipal, isso é notório também pelo fato de a quantidade de poços na zona rural ser maior.

De modo geral, também foi possível representar graficamente a vazão de todos os pontos de captação fazendo o somatório dos poços tubulares presentes tanto na zona urbana quanto na zona rural, do mesmo modo usando como parâmetro os anos de 2009 a 2016, como mostra o Gráfico 4.

Gráfico 4 - Vazão total nos anos de 2009 a 2016.



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

Assim, foi possível observar o aumento da quantidade de água extraída em âmbito geral pelos poços tubulares em Juruti. Em 2009, os 31 poços produzindo para abastecimento urbano, em todo o território de Juruti, explotavam a quantidade de $20.472 \text{ m}^3/d$. E em 2016, com 41 poços esse volume claramente aumentou com o somatório de $25.200 \text{ m}^3/d$, (Gráfico 4) com variação de 4.728 m^3 . Desse modo, no ano de 2016, no município de Juruti, eram explotados 25.200.000 litros de água subterrânea exclusivamente para abastecimento doméstico.

Vale ressaltar mais uma vez que esse valor não representa o real volume de água consumida pelos domicílios, uma vez que após ser bombeada do poço, essa água fica armazenada em reservatórios elevados para serem distribuídas posteriormente, fora isso, existe também a presença de poços que não possuem registro no SIAGAS e também aqueles que não possuem registro legal.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados dessa pesquisa mostram que há um grande aumento do volume de água extraído do subsolo, um aumento de 23,09% entre os anos de 2009 e 2016, ou seja, há uma relação com o aumento da população. Essa é uma estimativa, pois esse valor deve ser muito maior devido a outros poços em operação tem sua exploração destinada para outros fins, sem contar aqueles poços clandestinos. Esse valor explorado reflete também a necessidade de novos pontos de abastecimento para atender o crescimento populacional no município mencionado na seção 4.1 desse trabalho.

Os poços de captação dos microssistemas são todos do tipo tubular, o que podemos sugerir que a exploração das águas subterrâneas está sendo feita dentro das normas legais e técnicas e seguros ambientalmente, portanto estão cumprindo com sua função social e ambiental.

Os dados nos mostram que há um grande volume de exploração das águas subterrâneas, o que ocorreu em paralelo ao crescimento populacional e ao desenvolvimento da indústria no município. O volume extraído do aquífero é naturalmente repostado pelo processo de recarga. Sabendo da importância das águas subterrâneas para a humanidade e para a natureza, a exploração realizada em Juruti pelos poços tubulares pode ser considerada segura ambientalmente e eficiente para o abastecimento urbano.

7 REFERÊNCIAS

ABREU, Francisco; CAVALCANTE, Itabaraci; MATTA, Milton. **O Sistema Aqüífero Grande Amazônia – Saga: Um Imenso Potencial De Água Subterrânea No Brasil**. In: III Congresso Internacional de Ambientes Subterrâneos. São Paulo. 2013.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Panorama da Qualidade das Águas Subterrâneas no Brasil**. Brasília. ANA, 2007. pág. 75.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS (ABAS): **Águas subterrâneas – o que são?** São Paulo. Disponível em: <https://www.abas.org/aguas-subterraneas-o-que-sao>. Acesso em: 18 de abr. 2023.

BORGHETTI, N.R.B; BORGHETTI, J.R.; FILHO, E.F.R. **A Integração das Águas: Revelando o Verdadeiro Aquífero Guarani**. Curitiba: Edição da autora, 2011.

CURI, Adilson. **Lavra de Minas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2017.

FEITOSA, Fernando; FILHO, João; FEITOSA, Edilton; DEMETRIO, J. **Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações**. 3 ed. rev. e ampl. Rio de Janeiro. CPRM: LABHID, 2008.

FELISARDO, Lucas Henrique. **Água Subterrânea E Sua Exploração Através De Poços Tubulares Catalão – GO. 2014**. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia de Minas) – Universidade Federal de Goiás. Catalão. 2014

GIAMPÁ, C.E.Q.; GONÇALES, V.G. **Águas subterrâneas e poços tubulares profundos**. 2. ed. São Paulo: Oficina de textos, 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Demográfico 2023. Disponível em: cidades.ibge.gov.br

JUNIOR, Homero Reis de Melo. **Projeto Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas: Relatório Diagnóstico Aquífero Alter do Chão no Estado do Pará – Bacia Sedimentar do Amazonas**. Vol. 7. Belo Horizonte. CRPM – Serviço Geológico do Brasil: 2012.

PASSOS, Valdemar Ferreira dos. **Cadastramento e Mapeamento de Poços Tubulares do Município de Campina das Missões/RS**. Monografia de especialização. Programa de Pós-graduação em geografia e geociências, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2007.

PIROLI, Edson Luís. **Água e Bacias Hidrográficas: Planejamento, gestão e manejo para enfrentamento das crises hídricas**. São Paulo. Editora Unesp Digital: 2022.

PITA, R. C. S. et al. **Sistema Aquífero Alter do Chão a oeste da cidade de Manaus (AM): processos hidrogeoquímicos, origem da salinidade e relações com aquíferos adjacentes**. Geologia USP: Série científica. v. 18 n. 1, pag. 273-296. São Paulo. 2018.

PREFEITURA MUNICIPAL DE JURUTI (PMJ). **Sobre o município**. Juruti 25 de setembro de 2023. Disponível em: <https://juruti.pa.gov.br/o-municipio/sobre-o-municipio>.

REBOUÇAS, Aldo da Cunha. **A Inserção da Água Subterrânea no Sistema Nacional de Gerenciamento**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 7, n. 4, pag. 39-50. São Paulo. 2002.

SERVIÇO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS DO PARÁ (SEBRAE – PA). **Juruti em Números: Edição 2019**. [S. l.: s. n.]: 2019.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM. **Mapa Geológico do Estado do Pará**. Belém: CPRM, 2008. Mapa geológico. Escala 1:1.000.000. disponível em: www.cprm.gov.br/publique/media/geologia_basica/cartografia_regional/para.pdf. Acesso em: 1 abr. 2023.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM. **Sistema de Informações de Águas Subterrâneas**. Brasília, 2023. Disponível em: siagasweb.sgb.gov.br

SILVA, João Marcio Palheta da; SILVA, Christian Nunes da. **Juruti: Uma Comunidade Amazônica Atingida Pela Mineração**. GEOgraphia, Belém. n°36. 2016.

SOUZA, E. L. et al. **Síntese da hidrogeologia nas bacias sedimentares do Amazonas e Solimões: Sistemas de Aquíferos Iça-Solimões e Alter do Chão.** Geologia USP: Série científica. v. 13, n. 1, pag. 107-117. São Paulo. 2013.

TEIXEIRA, Wilson. et al. **Decifrando a Terra.** 2º Edição. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2009

TRANCREDI, Antônio Carlos Felice Nicola Savério. **Recursos Hídricos e Subterrâneos de Santarém: Fundamentos Para Uso e Proteção.** Tese (Doutorado). Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Universidade Federal do Pará, Belém. 1996.

VASCONCELOS, Mickaelon Belchior. **Poços Para Captação De Águas Subterrâneas: Revisão De Conceitos E Proposta De Nomenclatura.** *In:* XVIII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. Belo Horizonte. 2014.

ANEXOS

Anexo A - Documento para requerimento de dados.



UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ
CAMPUS JURUTI
CURSO DE ENGENHARIA DE MINAS

REQUERIMENTO DE DADOS PARA PESQUISA ACADÊMICO-CIENTÍFICA

Prezada Sr^a Bianca Jefres de Lima.

Chefe do setor de engenharia da Prefeitura Municipal de Juruti

Solicitamos autorização para realização de uma pesquisa integrante do Trabalho de Conclusão de Curso, modalidade monografia, do acadêmico: Erisson Pereira Bruce, orientado pelo Professor: Regis Quesada Casquet, tendo como título: “Exploração de águas subterrâneas: Um levantamento quantitativo do consumo no município de Juruti-Pará”.

O Objetivo Geral da pesquisa é: fazer uma avaliação quantitativa do consumo de água no município de Juruti, levando em consideração os últimos anos, onde se foi notado um considerável aumento de sua população. E para tal pesquisa, necessitamos dos seguintes dados: vazão diária e mensal dos poços municipais, em especial, no período de janeiro de 2010 a julho de 2023, tais informações são de suma importância para a conclusão desse trabalho.

Salientamos que todos os dados e informações obtidas serão única e exclusivamente para a elaboração do trabalho acadêmico-científico.

A presente atividade é requisito para a conclusão do curso e obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Minas, pela UFOPA – Campus Juruti.

Agradecemos a atenção e nos colocamos ao inteiro dispor para melhores esclarecimentos.

Documento assinado digitalmente
ERISSON PEREIRA BRUCE
Data: 01/09/2023 16:10:51-03:00
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Acadêmico

Juruti, 28 de agosto de 2023.
Documento assinado digitalmente
REGIS QUESADA CASQUET
Data: 01/09/2023 14:36:10-03:00
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Orientador/Coordenador do Curso de
Eng. de Minas

Representante do órgão concedente da pesquisa