



**SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
FACULDADE DE GEOLOGIA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Aspectos hidrogeológicos do município de Abaetetuba-PA e uma proposta de abastecimento de água alternativa para a população do município utilizando águas subterrâneas

Apresentado por:

Aluno: JORDANA DO SOCORRO SILVA DO NASCIMENTO

Orientador: Dr. Milton Antônio da Silva Matta

Belém – PA
2021



**SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
FACULDADE DE GEOLOGIA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Aspectos hidrogeológicos do município de Abaetetuba-PA e uma proposta de abastecimento de água alternativa para a população do município utilizando águas subterrâneas

Apresentado por:

Aluno: JORDANA DO SOCORRO SILVA DO NASCIMENTO

Orientador: Dr. Milton Antônio da Silva Matta

Belém – PA
2021

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará**
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

N244a Nascimento, Jordana do Socorro Silva do.

Aspectos hidrogeológicos do município de Abaetetuba PA e uma proposta de abastecimento de água alternativa para a população do município utilizando águas subterrâneas / Jordana do Socorro Silva do Nascimento. — 2021.

xvi, 84 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. Milton Antônio da Silva Matta
Coorientador(a): Prof. Dr. Francisco de Assis Oliveira
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Faculdade de Geologia, Belém, 2021.

1. Hidrogeologia. 2. águas Subterrâneas. 3. aquífero Pirabas. 4. poço tubular. 5. Abaetetuba-PA. I. Título.

CDD 551.4909811



**SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
FACULDADE DE GEOLOGIA**

Aspectos hidrogeológicos do município de Abaetetuba-PA e uma proposta de abastecimento de água alternativa para a população do município utilizando águas subterrâneas

Trabalho apresentado por:

JORDANA DO SOCORRO SILVA DO NASCIMENTO

Como requisito parcial à obtenção do Grau de Bacharel em Geologia, hidrogeologia.

Data de Aprovação: 05 / 04 / 2021 Banca

Examinadora:

Prof. Dr. Milton Antônio da Silva Matta
(Orientador – UFPA)

Prof. Dr. Francisco de Assis Matos de Abreu
(Membro – UFPA)

Prof. Dr. Francisco de Assis Oliveira
(Membro – UFPA)

Dedico este trabalho a Deus, Eterno e Poderoso e a toda a minha família, especialmente a minha mãe, e a minha tia Lucy, pela ajuda fundamental para seguir em frente no mundo dos estudos e na vida acadêmica.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que sempre me deu forças e coragem para vencer as adversidades da vida, à minha mãe, Maria do Socorro, pelo amor incondicional, que sempre foi uma guerreira fazendo o papel de pai e de mãe para que nada faltasse à nossa família e pelo exemplo de ser humano. À a minha tia Lucialva, por sempre incentivar a cultura do estudo desde a infância, pela ajuda em todos os sentidos ao longo da vida e pelos ensinamentos acabou se tornando uma segunda mãe.

Agradeço à Universidade Federal do Pará, (UFPA), ao Instituto de Geociências (que às vezes virava a extensão da minha casa) e à Faculdade de Geologia (Fageo) por disponibilizar o que há de melhor em corpo docente, com mestres e doutores, ótima estrutura física e apoio financeiro fundamental às atividades de campo, políticas que só uma universidade pública pode oferecer gratuitamente aos seus alunos.

Ao Dr. Milton Matta, meu orientador, por ter acreditado no meu projeto, pela oportunidade de poder trabalhar na área de hidrogeologia e na monitoria de geologia estrutural. Pelos ensinamentos e pela oportunidade de crescer como pessoa. Obrigada pelas resenhas, pelas reuniões/almoço do Larhima e pelo desenvolvimento deste trabalho de conclusão de curso.

Ao meu amigo que ganhei na Geologia, Alan Queiroz, pelos anos de companheirismo, alegria e compreensão nos momentos bons e ruins do curso, és exemplo de dedicação e alegria. Ao meu amigo Felipe Profeta, pelos momentos compartilhados na geologia e pela amizade sincera. Muito obrigada, vocês ajudam a minha vida ser feliz.

À minha irmã, Juliana Nascimento, pelo companheirismo, pelas conversas, pelas brigas e pela amizade que foram e são fundamentais à vida, obrigada por tudo. Ao meu companheiro, Daniel Cardoso, por todo amor, apoio e incentivo durante o curso e na vida, obrigada por me ajudar a ser um ser humano melhor.

Aos professores Fernando Pina e Vladimir Távora pela oportunidade de trabalhar com os mesmos durante a graduação, obrigada pela motivação, ensinamentos e pela dedicação à docência no ensino superior, meu muito obrigada!

Explicar toda a natureza é uma tarefa difícil demais para qualquer homem ou para qualquer época. É muito melhor fazer um pouco e com certeza e deixar o resto para os outros que vêm depois de você. (Isaac Newton).

RESUMO

Este trabalho apresenta uma síntese sobre a hidrogeologia da região do município de Abaetetuba e uma proposta de abastecimento de água alternativa para a população local para os próximos 15 anos. Para tal, utilizou-se um conjunto de dados hidrogeológicos, envolvendo um cadastro de poços, dados hidrogeoquímicos, aspectos geométricos de camadas aquíferas, reservas disponíveis de água subterrânea na área e avaliação econômica da proposta de abastecimento, com o objetivo de determinar as potencialidades e as características dos recursos hídricos subterrâneos da área. Identificaram-se 5 (cinco) sistemas hidrogeológicos na região de Abaetetuba: Aluviões, pós-Barreiras, Barreiras, Pirabas Superior e Pirabas Inferior, cujos aspectos geométricos foram estudados através de perfis e seções litológicas. As reservas hídricas subterrâneas calculadas para os sistemas aquíferos mostraram que existem 25,88 bilhões de metros cúbicos de água subterrânea na área, dos quais 25,66 bilhões são reservas permanentes e cerca de 223,2 milhões de metros cúbicos são renováveis anualmente. A proposta de abastecimento de água potável para o município de Abaetetuba mostrou que serão produzidos cerca de 39.600 m³ diários de água para atender a demanda da população. Para tanto é necessária a construção de 11 poços no aquífero Pirabas, com profundidades em torno de 200m, a um custo total, incluindo o sistema de bombeamento, de R\$ 3.805.229,12. Este valor corresponde a um preço *per capita* de R\$ 19,01, considerando a população estimada para daqui a 15 anos (200.123 habitantes.) que é a vida útil de um poço tubular. Considerando apenas a população atual (159.080 habitantes), o preço *per capita* da obra seria R\$ 23,92. A avaliação econômica mostrou que o custo final do metro cúbico da água produzida, fica em torno de R\$ 0,25/m³.

Palavras-chave: Hidrogeologia. Abaetetuba-Pa. Aquífero Pirabas. Poço tubular.

ABSTRACT

This work presents a synthesis on the hydrogeology of the region of the municipality of Abaetetuba and a proposal for alternative water supply for the local population for the next 15 years. To this end, a set of hydrogeological data is used, involving a register of wells, hydrogeochemical data, geometric aspects of aquifer layers, available underground water reserves in the area and economic evaluation of the supply proposal, with the objective of determining potential and the characteristics of the area's underground water resources. Five (5) hydrogeological systems were identified in the Abaetetuba region: Alluvies, post-Barreiras, Barreiras, Pirabas Superior and Pirabas Inferior, geometric aspects were studied through profiles and lithological divisions. As underground water reserves calculated for elevated aquifer systems there are 25,88 billion cubic meters of groundwater in the area, of which 25,66 billion are permanent reserves and about 223,2 million cubic meters are renewable. The proposal for the supply of drinking water to the municipality of Abaetetuba will supply approximately 39.600 m³ of drinking water to meet the demand of the population. Therefore, the construction of 11 wells in the Pirabas aquifer is necessary, with depths around 200m, a total cost, including the pumping system, of R \$ 3.805.229,12. This value corresponds to a price per capita of R \$ 19.01, considering an estimated population for 15 years from now (200.123 inhabitants) which is the useful life of a tubular well. Desiring only the current population (159.080 inhabitants), the price per capita of the work would be R \$ 23,92. The economic evaluation shows that the final cost of the local water metro is around R \$ 0,25 / m³.

Keywords: Hydrogeology. Abaetetuba-Pa. Pirabas aquifer. Tubular well.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Mapa de localização da área de estudo situado no município de Abaetetuba-Pa, em escala regional. Fonte: Autora.....	4
Figura 1.2- Localização da área de estudo situado no município de Abaetetuba-Pa, em escala mais detalhada. Fonte: Autora.....	5
Figura 2- Bacias fanerozoicas e arqueoproterozoicas do estado do Pará. Fonte: Vasquez & Rosa-Costa (2008).	9
Figura 3- Arcabouço tectônico simplificado da costa norte do Brasil Fonte: Adaptado de (Costa <i>et al.</i> 2002).....	11
Figura 4: Mapa de fraturas do Município de Abaetetuba-Pa. Fonte: Autora.....	12
Figura 5- Coluna litoestratigráfica da região estudada. Fonte: Modificada de Almeida 2005).....	14
Figura 5.1- Coluna litoestratigráfica detalhando as litologias aflorantes em cada unidade. Fonte: Modificado de Borges (1988 apud Costa 2004).	14
Figura 6- Mapa com as drenagens existente no município de Abaetetuba. Fonte: Autora.....	20
Figura 7- Mapa geopolítico de localização da hidrografia do município de Abaetetuba. Fonte: (Prefeitura Municipal de Abaetetuba 2017).....	21
Figura 8.0- Perfil litológico do Poço 01 da tabela 2.....	27
Figura 8.1- Perfil litológico do Poço 02 da tabela 2. Legenda conforme Fig.8.0.....	27
Figura 8.2: Perfil litológico do Poço 08 da tabela 2.Legenda conforme Fig.	

8.0.....	28
Figura 8.3- Perfil litológico do Poço 09 da tabela 2. Legenda conforme Fig.8.0.....	28
Figura 8.4- Perfil litológico do Poço 11 da tabela .2. Legenda conforme Fig.8.0.....	28
Figura 9- Modelo de Seção litológica para os aquíferos da Região de Abaetetuba. Fonte: (Almeida 2005).....	30
Figura 10-Fluxograma do Sistema de abastecimento de água em Abaetetuba. Fonte: (Prefeitura Municipal de Abaetetuba 2017).....	32
Figura 11- Etapas da SAA em Abaetetuba. Fonte: (Prefeitura Municipal de Abaetetuba 2017).....	33
Figura 12- Sistema de captação de água da COSANPA no distrito de Beja. Fonte: (Plano Municipal de Saneamento do Município de Abaetetuba 2017).....	34
Figura 13- Poço semi-artesiano da COSANPA. Fonte: (Plano Municipal de Saneamento do Município de Abaetetuba 2017).....	34
Figura 14- Levantamento dos poços artesianos e perfurados pela Cosanpa na região de Abaetetuba-Pa. Fonte: Autora.....	36
Figura 15- Mapa de localização dos pontos de coleta de água para análise química. Fonte: (Rodrigues 2019).....	37
Figura 16- Valores obtidos para cor aparente. Fonte: (Rodrigues 2019).....	38
Figura 17- Valores obtidos para turbidez. Fonte: (Rodrigues 2019).....	39
Figura 18- Valores obtidos para temperatura. Fonte: (Rodrigues 2019).....	40

Figura 19- Valores obtidos para condutividade elétrica. Fonte: (Rodrigues 2019).....	41
Figura 20- Mapa de Isovalores da condutividade elétrica. Fonte: (Rodrigues 2019)	42
Figura 21- Valores obtidos para alcalinidade. Fonte: (Rodrigues 2019).....	43
Figura 22- Valores de STD nas amostras 1 a 10. Fonte: (Rodrigues 2019).....	44
Figura 23- Valores obtidos para sólidos para ferro. Fonte: (Rodrigues 2019).....	45
Figura 24- Valores obtidos para o pH. Fonte: (Rodrigues 2019).....	46
Figura 25- Mapa de: Isovalores do pH. Fonte:Rodrigues,2019.....	46
Figura 26- Valores obtidos para acidez. Fonte: (Rodrigues 2019).....	47
Figura 27- Valores obtidos para dureza total. Fonte: (Rodrigues 2019).	48
Figura 28- Valores obtidos para nitrito. Fonte: (Rodrigues 2019).	50
Figura 29-Valores obtidos para amônia. Fonte:(Rodrigues 2019).....	51
Figura 30- Valores obtidos para o cloreto. Fonte: (Rodrigues 2019).....	52
Figura 31- Mapa de isovalores do cloreto. Fonte: (Rodrigues 2019).	53
Figura 32- Valores obtidos para o cloreto. Fonte:(Rodrigues 2019).....	54
Figura 33- Mapa de isovalores do cloreto. Fonte: (Rodrigues 2019)	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Descrição dos níveis altimétricos da área estudada.	18
Tabela 2- Características dos Poços Utilizados na Análise Geométrica	24
Tabela 3- Características Gerais dos Sistemas Hidrogeológicos.	25
Tabela 4:- Reservas Hídricas Subterrâneas dos Sistemas Hidrogeológicos.	61

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas

Ce- Condutividade elétrica

COSANPA - Companhia de Saneamento do Pará

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

CPRM - Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais

ETA - Estação de Tratamento de Água

FUNASA - Fundação Nacional da Saúde

GPS - *Global Positioning System*

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

OMS - Organização Mundial de Saúde

PEHRMB - Projeto Estudos Hidrogeológicos da Região Metropolitana de Belém e Adjacências

PMA - Prefeitura Municipal de Abaetetuba

SAA - Sistema de abastecimento de água.

SEMA - Secretaria de meio ambiente municipal

SIAB - Sistema de Informação de Atenção Básica

SIAGAS - Sistema de Informações de Águas Subterrâneas

SSCEA - Secretaria de Saúde e Controle de Endemias de Abaetetuba

STD - Sólidos Totais Dissolvidos

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA	iv
AGRADECIMENTOS	v
EPÍGRAFE	vi
RESUMO	vii
ABSTRACT	viii
LISTA DE ILUSTRAÇÕES	ix
LISTA DE TABELAS	xii
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	xiii
1.0 INTRODUÇÃO	1
1.1 IMPORTÂNCIA HISTÓRICA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS	2
1.2 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA	3
2.0 OBJETIVOS GERAIS	6
2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	6
3.0 MATERIAIS E MÉTODOS	7
4.0 ASPECTOS GEOLÓGICOS	8
4.1 GEOLOGIA REGIONAL	8
4.2 ASPECTOS ESTRUTURAIS	10
4.3 MAPA DE FRATURAS DA REGIÃO DE ABAETETUBA-PA	12
5.0 UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS	13
5.1 FORMAÇÃO PIRABAS	13
5.2 FORMAÇÃO BARREIRAS	13
5.3 FORMAÇÃO PÓS-BARREIRAS	15
6.0 CARACTERÍSTICAS DO MEIO FÍSICO	16
6.1 CLIMA	16
6.2 SOLO	16
6.3 VEGETAÇÃO	17
6.4 RELEVO	18

6.5 ASPECTOS HIDROGRÁFICOS	19
6.5.1 Furos e igarapés	19
6.5.2 Ilhas.....	19
6.6 RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS DA REGIÃO DE ABAETETUBA	21
7.0 HIDROGEOLOGIA	22
7.1 DADOS HIDROGEOLÓGICOS	23
7.2 GEOMETRIA DOS SISTEMAS HIDROGEOLÓGICOS	24
7.2.1 Análise dos Perfis Litológicos	26
7.3 ANÁLISE DAS SEÇÕES LITOLÓGICAS COMPOSTAS	29
8.0 CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÔMICAS DO MUNICÍPIO DE ABAETETUBA-PA.....	31
8.1 SITUAÇÃO DO ABASTECIMENTO DE ÁGUA EM ABAETETUBA	32
8.2 ABASTECIMENTO DE ÁGUA NA ZONA URBANA	33
8.3 ABASTECIMENTO DE ÁGUA NA ZONA RURAL	34
8.4 SISTEMA DE CAPTAÇÃO	35
8.5 DIAGNÓSTICO DOS SERVIÇOS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA	35
8.6 LEVANTAMENTO DE POÇOS DA REGIÃO DE ABAETETUBA-PA	36
9.0 QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS	37
9.1 BASE DE DADOS DA REGIÃO	37
9.2 RESULTADOS OBTIDOS E TRATAMENTO DOS DADOS	37
9.3 INTERPRETAÇÕES DOS RESULTADOS FÍSICO-QUÍMICOS	38
9.3.1 Cor Aparente (u/H)	38
9.3.2 Turbidez (u/H)	39
9.3.3 Temperatura (°C)	40
9.3.4 Condutividade Elétrica (\squareS/cm)	40
9.3.5 Alcalinidade - CaCO₃ (mg/L)	42
9.3.6 Sólidos Totais Dissolvidos – STD (mg/L)	43
9.3.7 Ferro (mg/L)	44
9.3.8 PH (mg/L)	45
9.3.9 Acidez (mg/L)	47

9.3.10 Dureza da Água - Ca+Mg (mg/L)	48
9.3.11 Nitrato - NO₃ (mg/L)	49
9.3.12 Nitrito - NO₂ (mg/L)	50
9.3.13 Sulfato - SO₄ (mg/L)	51
9.3.14 Amônia - NH₄⁺ (mg/L)	52
9.3.15 Cloreto - Cl (mg/L)	53
10.0 RESERVAS HÍDRICAS SUBTERRÂNEAS	55
10.1 RESERVAS RENOVÁVEIS (Rr)	56
10.2 RESERVAS PERMANENTES	58
10.2.1 Sistema Barreiras – Pós-Barreiras – Aluviões	58
10.2.2 Sistema Aquífero Pirabas	59
10.3 RESERVAS TOTAIS	60
10.4 RESERVAS EXPLOTÁVEIS	60
10.5 DISPONIBILIDADE HÍDRICA EFETIVA	62
11.0 PROPOSTA DE ABASTECIMENTO PARA ABAETETUBA-PA	63
11.1 AMBIENTE HIDROGEOLÓGICO	63
11.2 RESERVAS HÍDRICAS DISPONÍVEIS	64
11.3 DEMANDA DE ÁGUA	64
11.4 CÁLCULO DO NÚMERO DE POÇOS NECESSÁRIOS	66
11.5 DADOS TÉCNICOS PARA A CONSTRUÇÃO DOS POÇOS	66
11.6 VALOR DA PERFURAÇÃO DOS POÇOS	67
11.7 PREÇO DO SISTEMA DE BOMBEAMENTO	68
11.8 CÁLCULO DO VALOR TOTAL DA OBRA	70
11.9 AVALIAÇÃO ECONÔMICA	70
12.0 CONCLUSÕES	74
REFERÊNCIAS	77
ANEXO A	80

ANEXO B84

1.0 INTRODUÇÃO

O município de Abaetetuba situa-se a sudoeste da cidade de Belém, cerca de 120 Km diretamente do centro de Belém. Em relação aos recursos hídricos a água subterrânea captada na região pode ser comparada com as das proximidades de Belém, com relação à acidez, à baixa dureza, à baixa condutividade elétrica e a pobreza em determinados cátions, principalmente o cálcio, Almeida (2005).

Com relação aos sistemas hídricos subterrâneos Almeida (2005) descreve o da região de Abaetetuba em 05 (cinco) sistemas hidrogeológicos. São sistemas formados por aquícludes, aquíardes e aquíferos que pertencem as unidades estratigráficas Pirabas, Barreiras e Coberturas Quaternária. CPRM (2001) apud Matta (2002) as denominou de Aluviões, Pós-Barreiras, Barreiras, Pirabas Superior e Pirabas Inferior.

A cidade de Abaetetuba apresenta o abastecimento realizado por um sistema de abastecimento de água (SAA), realizado pela Companhia de Saneamento do Pará, (COSANPA), onde o mesmo é composto pelas etapas de captação, adução, tratamento, preservação e rede de distribuição. A captação da água é realizada através de poços entre 50 e 200 metros na qual a água é captada diretamente do lençol freático, que é aquele localizado entre duas camadas confinantes de solo. Procura-se também, nesse trabalho, identificar as principais fontes de poluição/contaminação das águas superficiais e subterrâneas da região.

Além disso, este trabalho tem como finalidade a elaboração de uma proposta de abastecimento através de água subterrânea para o município de Abaetetuba, no Estado do Pará, considerando as diversas características hidrogeológicas e socioambientais observadas no âmbito da área, objetivando contribuir para a caracterização dos recursos hídricos da região e para o planejamento urbano da cidade para os próximos 15 anos.

1.1 IMPORTÂNCIA HISTÓRICA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

O organismo humano pode privar-se de alimento por alguns dias. Mas, privando-se de água ele morrerá rapidamente. Por isso, muito antes que o homem primitivo houvesse deixado sua presença sobre a Terra por meio de incisões nas paredes de suas cavernas, a água já agia como força propulsora de toda a civilização. Na realidade, a quantidade de água que nosso organismo necessita para sua subsistência é relativamente pequena, se comparada com o peso do corpo: cerca de 2,5 litros por dia, para uma pessoa de atividade moderada, em clima temperado. Cada função orgânica, porém, está condicionada a presença de uma porção dessa quantidade, de tal forma que se pode afirmar que a vida depende da água (Campos1999).

Outras necessidades sociais de um adequado suprimento de água estão relacionadas aos alimentos produzidos pelo solo que dependem da água para seu crescimento e para o seu valor nutritivo, uma vez que os minerais do solo devem ser dissolvidos para poderem ser utilizados pela planta. Uma parte substancial das proteínas e carboidratos que o corpo humano necessita provém de animais (peixes) e vegetais encontrados no mar, lagos e rios, ou nas suas proximidades Campos (1999).

Tem sido ao longo de hidrovias que o homem tem se movimentado, desde os tempos remotos, ao procurar expandir sua cultura e dominar sempre mais as regiões desconhecidas. Basta observar as maiores cidades das nações, a exemplo do Brasil e dos Estados Unidos, e suas relações com o oceano, com um lago ou com um rio, para constatar que, a despeito de nossa habilidade em vencermos o tempo, distância e espaço, não deixamos de estar subordinados à água.

O fato de ser a água o mais essencial entre todos os minerais, que o homem aprendeu a utilizar nos seus estados líquido, sólido e vapor, tem amparo na própria Bíblia, conforme já mencionado. Os Livros Sagrados estão entremeados de inserções sobre a importância da água para aquela época. Para as civilizações pagãs que precederam a era cristã, a água era considerada de suma valia Campos (1999).

Ruínas escavadas na Índia, datando mais de 5000 anos, revelam sistemas de abastecimento de água e de drenagem tão completos que incluíam piscinas de natação e banho. Onde se tem conseguido atender à demanda de água potável, a nação tem progredido e os padrões de vida têm melhorado. Onde isso não foi conseguido, o progresso retarda e os padrões de vida permanecem baixos.

Atualmente, o uso da água não satisfatória ou insalubre é, em geral, um dos maiores entraves para o desenvolvimento nacional e para a melhoria do nível de vida do povo brasileiro.

1.2 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA

O Município de Abaetetuba faz parte da Microrregião de Cametá e pertence à Mesorregião do Nordeste paraense e está distante, aproximadamente, 120 km da Capital do Estado, Belém, Figura1.

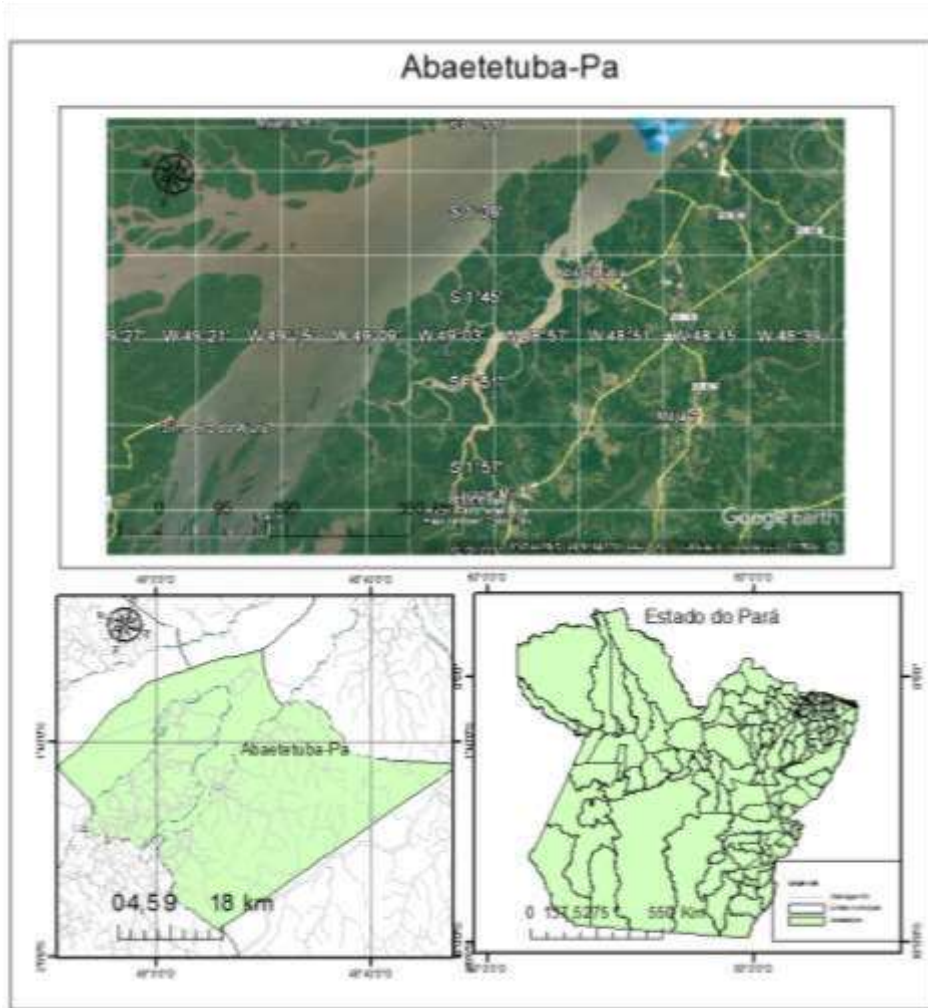


Figura 1- Localização da área de estudo situado no município de Abaetetuba-Pa, em escala regional. Imagem retirada do Google Earth. Abaixo, mapa confeccionado pelo aplicativo *Arc Gis 10.3* mostrando os limites do município. Fonte: Autora

O município tem limite ao Norte com a Baía do rio Pará e município de Barcarena, a Leste com o município de Moju, ao Sul com os municípios de Igarapé-Miri e Moju e a Oeste com os municípios de Igarapé-Miri, Limoeiro do Ajuru e Muaná. Possui uma área total de 1.613,9 Km² e está localizado nas coordenadas (01°43'05" S e 48°52'57" W).

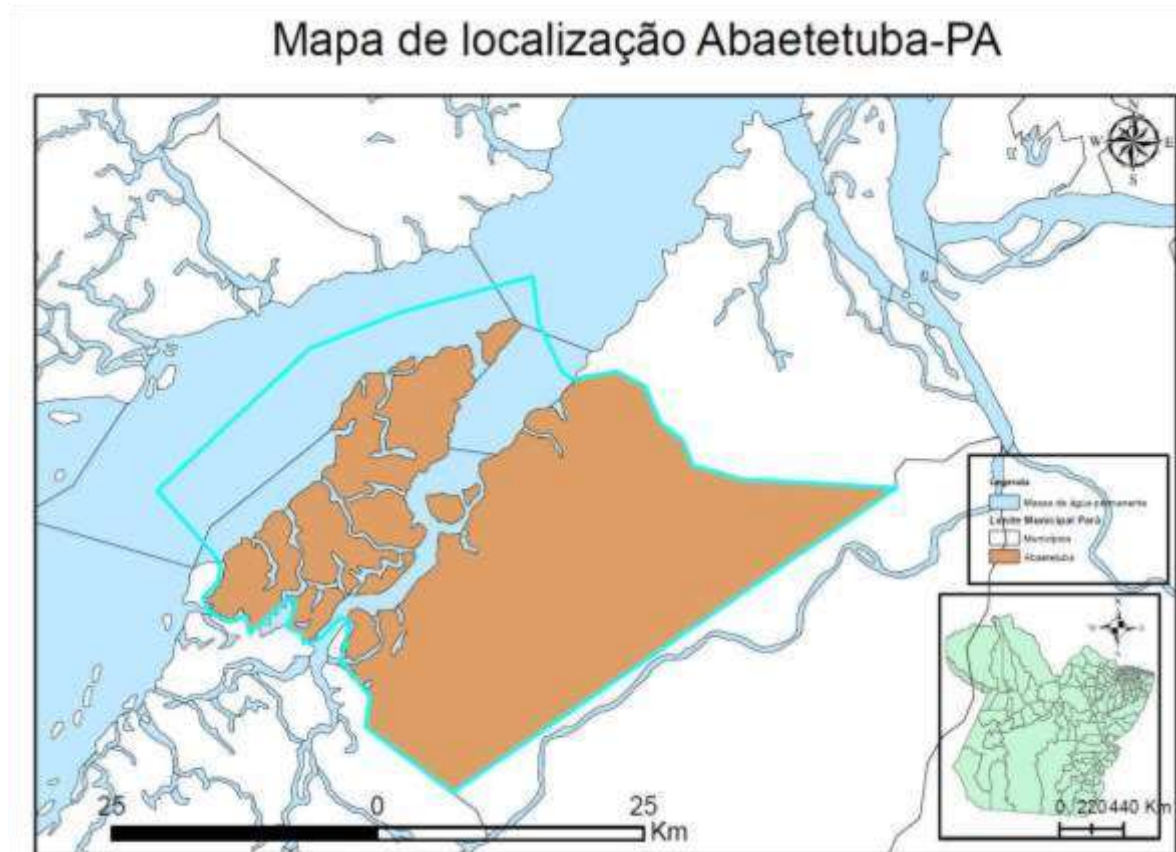


Figura 1.2- Área de estudo situado no município de Abaetetuba-Pa, em escala mais detalhada mostrando os furos e igarapés que cortam a região das ilhas do município. Fonte: Autora.

As principais vias de acesso ao município de Abaetetuba são as rodovias PA252 que tem seu início no porto da cidade de Abaetetuba, PA-151e PA-409. É denominada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, (IBGE), como zona rural e, é conhecida pela sua tranquilidade, pelos seus igarapés, belezas naturais e principalmente pela praia popularmente conhecida como “Praia de Beja” muito frequentada pela população de Abaetetuba e adjacências.

2.0 OBJETIVOS GERAIS

Este trabalho objetiva caracterizar os diversos aspectos de fundamental importância para o planejamento urbano do município de Abaetetuba, como geologia, hidrogeologia, e propor uma proposta de abastecimento alternativo de água para a cidade, considerando as condições sócio econômicas e o crescimento populacional para os próximos anos.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Levantamento da situação atual do abastecimento de água no Município de Abaetetuba-PA;
- Apresentação de propostas para o planejamento urbano do município de Abaetetuba que visem à gestão dos recursos hídricos subterrâneos.
- Estabelecer a proposta de Abastecimento alternativo para Abaetetuba-Pa, diferente do já existente utilizando os poços dos aquíferos existentes na região objetivando abastecer a população da região estimada em 200.123 habitantes em 2036.

3.0 MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia utilizada para o desenvolvimento neste trabalho consiste em pesquisa bibliográfica: Esta etapa teve como principal objetivo o levantamento de dados e informações referentes à geologia, hidrogeologia e condicionantes geoambientais da área de pesquisa, bem como de áreas afins existentes em monografias, dissertações, teses, livros, periódicos e anais de eventos técnicos, como também de mapas temáticos, servindo para um melhor conhecimento das características da área, ajudando na elaboração do trabalho.

•Coleta de Informações Técnicas: Durante esta etapa foram feitos contatos com a prefeitura de Abaetetuba, secretaria de meio ambiente municipal (SEMA) e empresas do setor público como COSANPA (Companhia de Saneamento do Pará), IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), visando à obtenção de informações pertinentes a esse trabalho.

•Elaboração de base cartográfica da área, como o mapa de localização e mapa dos poços analisados. As informações dos poços existentes em Abaetetuba foram retirados do banco de dados do Sistema de Informações de Águas Subterrâneas, SIAGAS, da Prefeitura Municipal de Abaetetuba e do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

•Cartografia: Elaboração de base cartográfica no programa *Arc Gis 10.3* para elaboração do mapa geológico, e programa *Surfer* para confecção mapa potenciométrico e mapa de isotores de parâmetros físico-químicos.

•Proposta alternativa de abastecimento, tendo como referência o Projeto PERMB/CPRM 2002, levando em consideração a população do Município de Abaetetuba, o consumo diário de água na área estudada.

4.0 ASPECTOS GEOLÓGICOS

Segundo Almeida (2005), a geologia da região de Abaetetuba é composta por unidades litoestratigráficas cenozoicas formadas pela Formação Pirabas, Formação Barreiras, Sedimentos do Pós-Barreiras e os sedimentos Holocênicos.

4.1 GEOLOGIA REGIONAL

A entidade geológica denominada Cráton Amazônico representa uma grande placa litosférica continental, sobre a qual foram identificadas e individualizadas várias províncias crustais de idade arqueana a mesoproterozoica, estabilizada tectonicamente em torno de 1.0 Ga, tendo se comportado como uma placa estável no Neoproterozoico, durante o desenvolvimento das faixas orogênicas marginais brasileiras (Brito Neves & Cordani 1991).

Vários modelos de compartimentação tectônica têm sido propostos para o Cráton Amazônico, destacando-se os formulados por Santos (2003) que admitem a evolução do Cráton Amazônico como resultante de sucessivos episódios de acreção crustal durante o Paleoproterozoico e o Mesoproterozoico, em volta de um núcleo mais antigo, estabilizado no final do Arqueano.

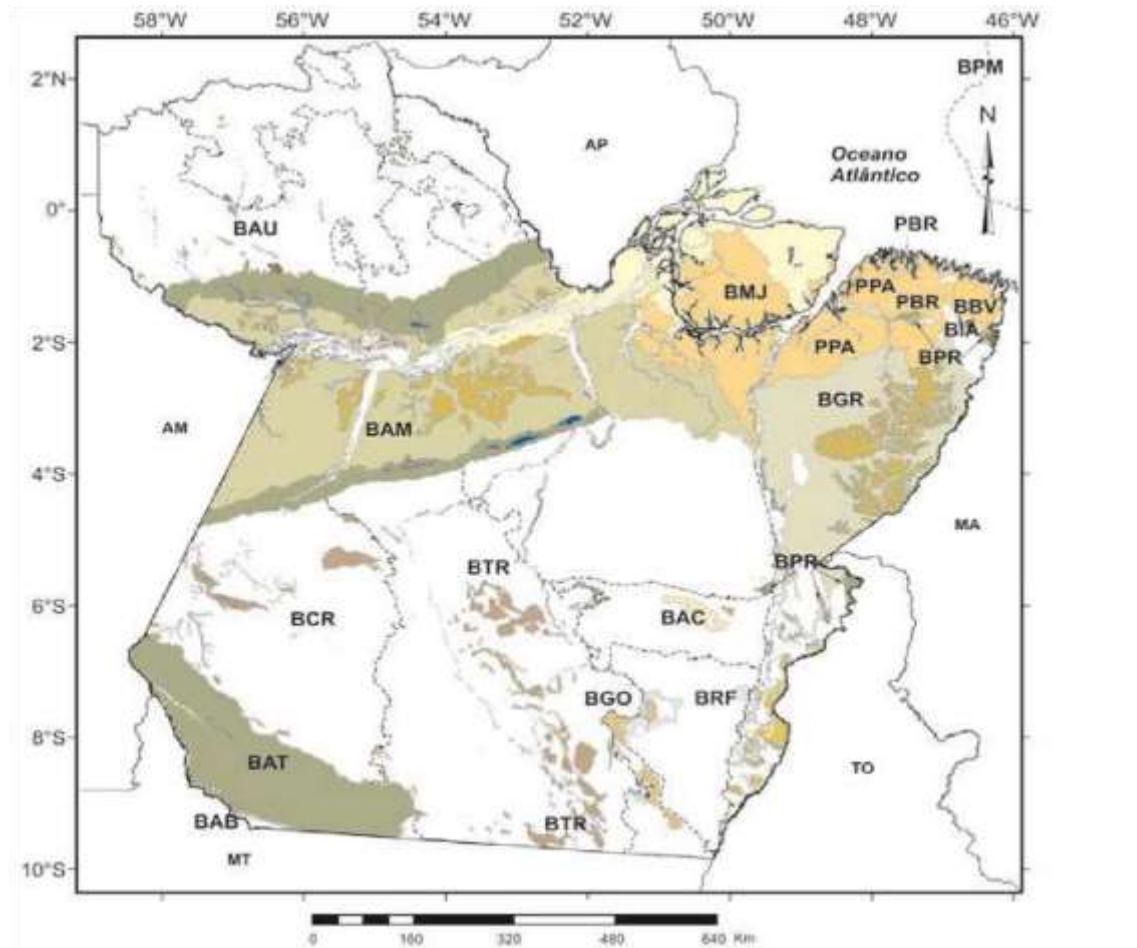
No estado do Pará, que tem seu substrato como parte integrante do Cráton Amazônico, estão contempladas cinco províncias tectônicas ou geocronológicas: Carajás (3000- 2500 Ma), Transamazonas (2260-1990 Ma), Tapajós-Parima (2030-1860 Ma), Amazônia Central (1900-1860 Ma) e Rondônia-Juruena (1850-1540 Ma). Cada província tectônica ou geocronológica foi compartimentada em domínios tectônicos, utilizando-se critérios como padrões geocronológicos, associações litológicas, *trends* estruturais e assinaturas geofísicas. Por decorrência, 11 domínios tectônicos foram individualizados no estado do Pará, para os quais foram adotadas designações utilizadas em trabalhos anteriores Santos (2003) ou propostas novas designações.

Na porção oriental do estado do Pará ocorrem, ainda, os domínios pré-cambrianos Fragmento Cratônico São Luís e Cinturão Gurupi, da Província Parnaíba, e o Cinturão Araguaia, da Província Tocantins. Em relação às coberturas sedimentares, no Pará elas estão representadas por duas plataformas cenozoicas, sete bacias fanerozoicas e oito bacias com idade arqueano-proterozoica e suas respectivas associações tectônicas, Figura

2.

Os processos tectônicos nestas bacias mostraram-se efetivos não só durante o tempo da fragmentação principal, mas permaneceram ativos durante o Cretáceo e Cenozoico Costa & Hasui (1997), Costa *et al.* (1993). No Mioceno, destaca-se o desenvolvimento de tectonismo

em regime de transcorrência, refletido em falhas normais NW-SE e transcorrentes E-W e NE-SW, Costa *et al.* (1993) que têm continuidade até o Recente. (Bermeguy & Costa 1991, Bermeguy 1997). As plataformas Bragantina e do Pará correspondem a áreas do embasamento que permaneceram tectonicamente estáveis entre as bacias sedimentares.



Plataformas Cenozóicas

PBR - Plataforma Bragantina

PPA - Plataforma do Pará

Bacias Sedimentares Fanerozóicas

BPM - Bacia Pará-Maranhão (submersa)

BBV - Bacia Bragança-Viseu (subaflorante)

BMJ - Bacia do Marajó (em parte subaflorante)

BGR - Bacia do Grajaú

BPR - Bacia do Parnaíba

BAM - Bacia do Amazonas

Bacias Sedimentares Proterozóicas

BIA - Bacia Igarapé de Areia

BAB - Bacia Beneficente

BAT - Bacia do Alto Tapajós

BAU - Bacia Urupi

BTR - Bacia Triunfo

BCR - Bacia Creporil

BGO - Bacia Gorotil

BRF - Bacia Rio Fresco

Bacia Sedimentar Arqueana

BAC - Bacia Águas Claras

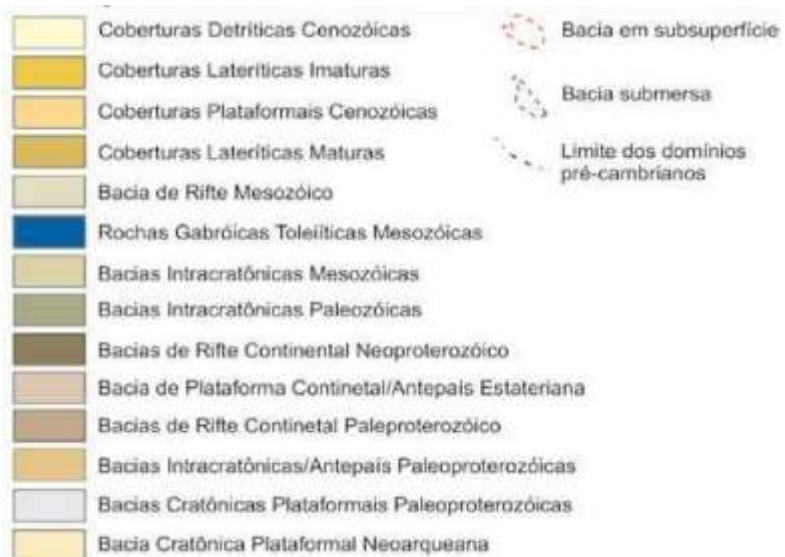


Figura 2- Bacias Fanerozoicas e Arqueoproterozoicas do Estado do Pará. Fonte: Vasquez & Rosa-Costa (2008).

4.2 ASPECTOS ESTRUTURAIS

No Nordeste do Pará, duas unidades estruturais podem ser observadas: Plataforma Bragantina e a Bacia Costeira Bragança-Viseu, que representa uma fossa tectônica delimitada por falhas normais de direção NW-SE (Aranha *et al.* 1990), Figura 2. As rochas pré-cambrianas apresentam-se orientadas, segundo direções preferenciais WNW-ESE, compondo o Cinturão de Cisalhamento de Gurupi e, NW-SE, a Faixa de Cisalhamento Tentugal (Costa *et al.* 1988). Durante o paleozoico, a região esteve sujeita a uma tectônica distensiva de direção NW-SE, relacionada à abertura do oceano Atlântico, originando falhas normais de direção N-S e NE-SW e falhas de direção NW-SE (Costa *et al.* 1991).

A estruturação do Mesozoico é consequência da abertura do Atlântico Equatorial, a partir do Jurássico, o que possibilitou a geração de falhas normais NW-SE e falhas transferentes de direção NE-SW, devido a extensão do eixo NE-SW. A tectônica cenozoica é controlada pela movimentação da placa Sul Americana para W, onde as principais estruturas geradas são falhas transcorrentes de E-W de movimentação dextral e falhas normais NW-SE (Costa *et al.* 1991).

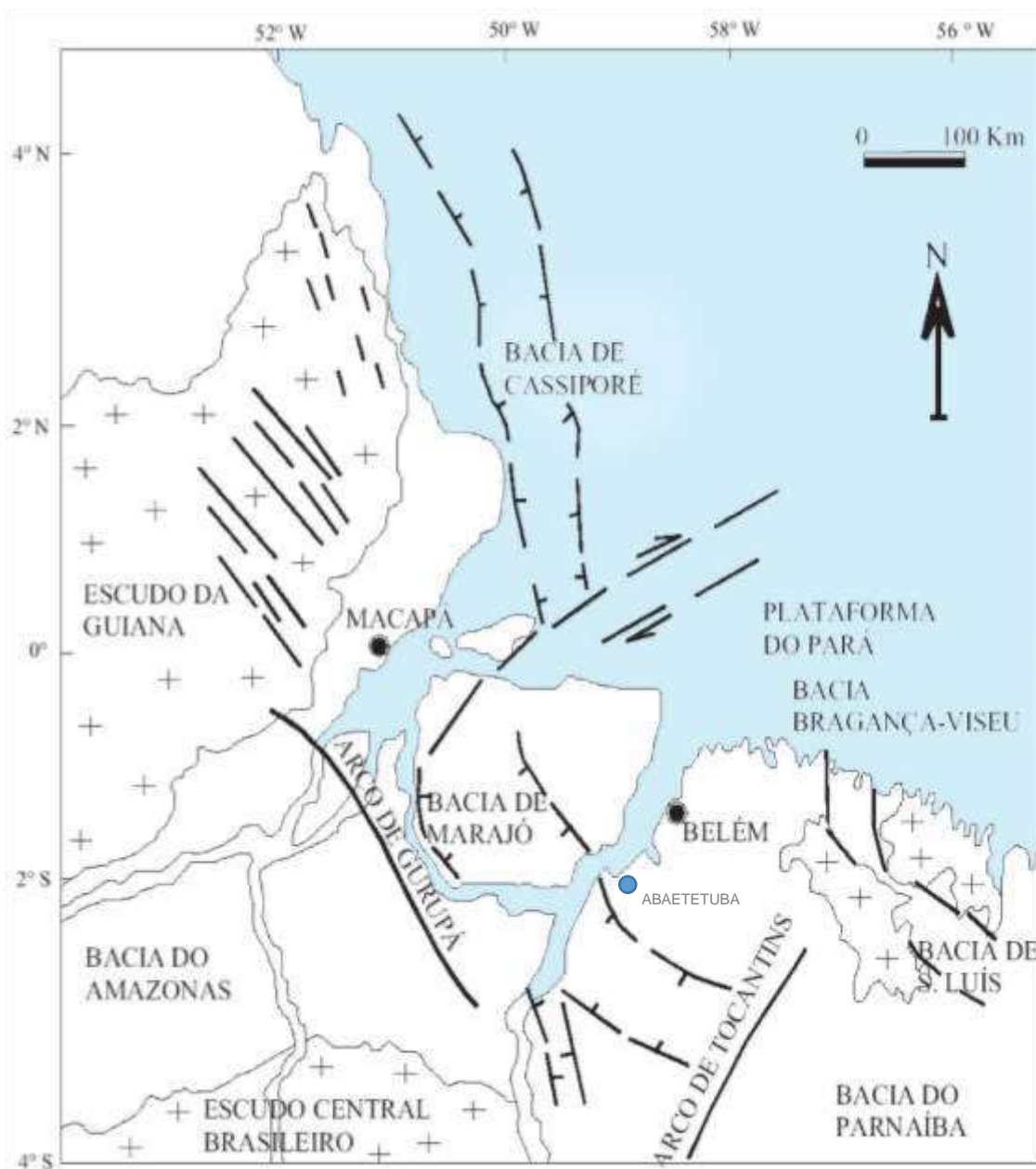


Figura 3- Arcabouço tectônico simplificado da costa norte do Brasil . Fonte: Adaptado de (Costa *et al.* 2002).

4.3 MAPA DE FRATURAS DA REGIÃO DE ABAETETUBA-PA.

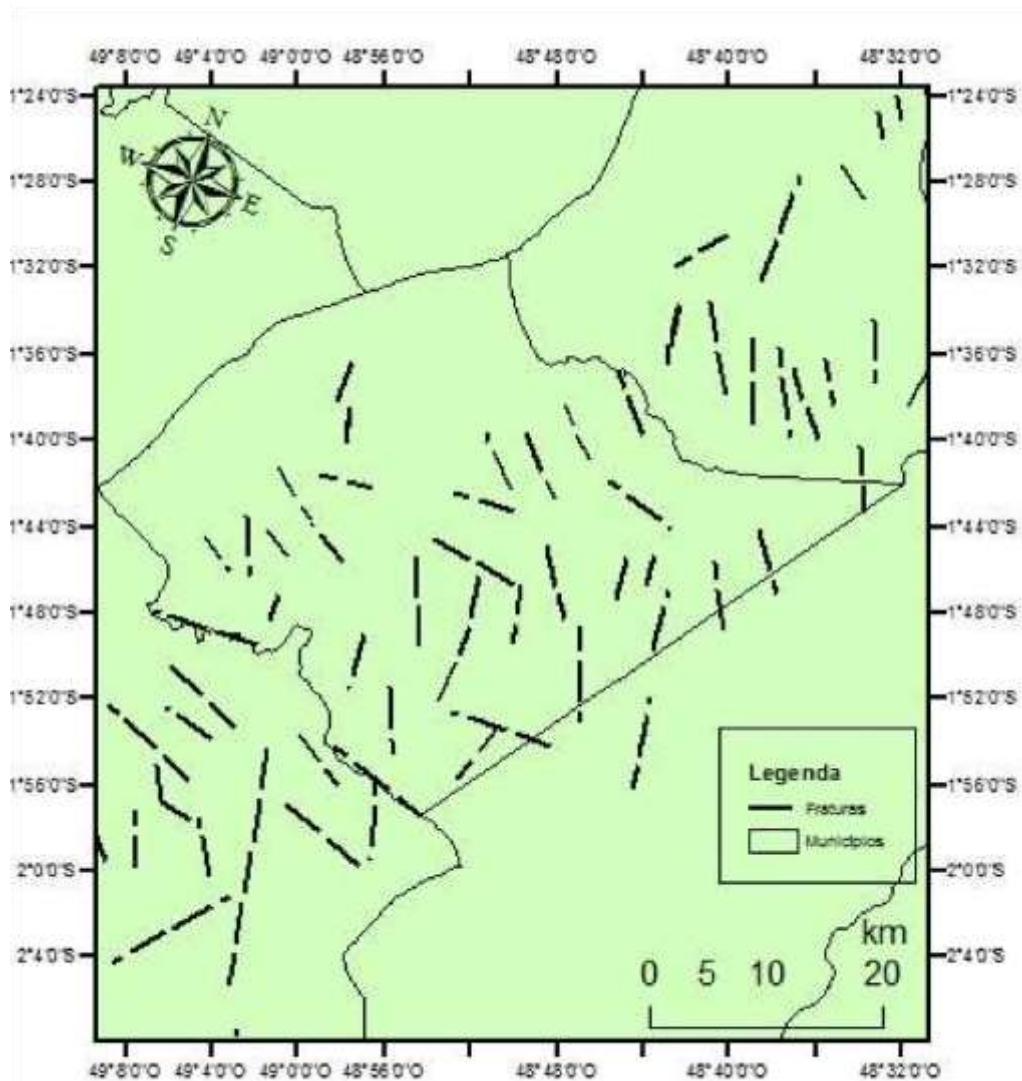


Figura 4- Disposição espacial das Fraturas do Município de Abaetetuba-Pa mostrando a direção preferencial das principais famílias com direção NW-SE e SW-NE. Fonte: Autora.

Observando as feições de drenagem na região Nordeste do Pará e no município de Abaetetuba, é possível observar que os rios, furos igarapés e drenagens intermitentes apresentam 2 famílias preferenciais de fraturas as quais possuem orientação NW-SE representando o conjunto de fraturas mais abundante, 88% das feições. A segunda família de fraturas, com orientação NE-SW ocorre em aproximadamente 12% das fraturas.

As famílias de fraturas são coincidentes com a tectônica das plataformas cenozoicas, conforme Costa *et al.* 2002, onde as principais estruturas geradas são falhas transcorrentes de E-W de movimentação dextral e falhas normais NW-SE.

5.0 UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS

Segundo Almeida (2005), a geologia da região de Abaetetuba é composta por unidades litoestratigráficas cenozoicas formadas pela Formação Pirabas, Formação Barreiras, Sedimentos do Pós-Barreiras e os sedimentos Holocênicos.

5.1 FORMAÇÃO PIRABAS

A Formação Pirabas é dentre as unidades litoestratigráficas a mais antiga relacionada à área estudada. Ela não aflora na área em questão, sendo suas ocorrências principais na Ilha de Fortaleza no município de Primavera (PA) e ao longo da faixa costeira do Estado do Pará, mais especificamente em Salinópolis, Maracanã, São João de Pirabas, Curuçá e arredores da cidade de Capanema, Almeida (2005).

Esta unidade, depositada durante o Oligoceno Superior –Mioceno Inferior é constituída litoestratigraficamente por calcários de composição variável e representa um paleoambiente marinho de águas rasas e quentes com salinidade normal (Góes *et al.* 1990 apud Silva 2016).

Quanto à litologia é caracterizada por leitos de calcário fossilífero, de coloração amarela ou acinzentada, alternados com argilas e areias. Localmente, são calcários duros de coloração cinza, intercalados com camadas de argila calcífera em leitos sucessivos, sendo esta sucessão responsável pela formação da base da Formação Pirabas e a parte superior formada por calcário fossilífero, compacto, disposto em camadas horizontais (Almeida 2005).

Por ser de origem transicional a marinha, apresenta melhor continuidade lateral de suas unidades sedimentares, com fácies arenosa importante. Segundo Almeida (2005) estes corpos de areia são encontrados na região a profundidades variáveis, em geral abaixo de 70 a 80 metros de profundidade até cerca de 200 metros, podendo ocorrer em alguns casos sob a forma de espessas camadas de areia com boa continuidade lateral, mais pura e mais limpa de argilas na sua matriz se demonstrando com boa característica para reservatório de água.

5.2 FORMAÇÃO BARREIRAS

A Formação Barreiras, composta por sedimentos cenozoicos, tem ocorrência bastante significativa em todo território nacional, mais expressivamente desde o litoral do Rio de Janeiro até o estado do Pará, sob a forma de falésias ou terraços nas margens dos rios (Góes & Truckenbrodt 1980).

Três litofácies foram definidas para esta formação, sendo elas: argilo-arenosa, arenosa e conglomerática, da base para o topo, de coloração amarelada a alaranjada com camadas de arenito ferruginosos, pouco consolidados, com estruturas sedimentares do tipo estratificações e conteúdo fossilífero vegetal (Góes & Truckenbrodt 1980).

O posicionamento das unidades litológicas que compõem este grupo tem sido confirmado na descrição de poços tubulares na região de Belém e adjacências, Figura 5, onde é encontrado ferro nas águas dos poços, fato que ocorre também, na área de Abaetetuba,

dificultando a utilização desta unidade nos projetos de abastecimento de água subterrânea Almeida (2005).

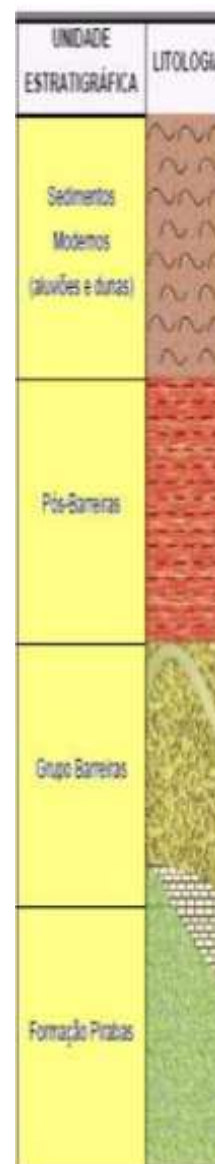


Figura 5- Coluna litoestratigráfica da região estudada. Modificada de (Almeida 2005).

Figura 5.1- Coluna litoestratigráfica detalhando as litologias aflorantes em cada unidade. Fonte: Modificado de Borges (1988 apud Costa 2004).

5.3 FORMAÇÃO PÓS-BARREIRAS

A Formação Pós-Barreiras é composta por sedimentos inconsolidados de coloração amarela, sobrepostos a Formação Barreiras, e constituídos litologicamente por sedimentos areno-argilosos maciços, apresentando seixos milimétricos de quartzo e concreções ferruginosas dispersas aleatoriamente com areias de coloração creme-amarelados e branca com pequenas frações de argila com granulometria variando de fina a média, Silva(2016).

ERA	PERÍODO	ÉPOCA	UNIDADE	DESCRIÇÃO SUMÁRIA
Cenozóico	Quaternário	Holoceno	Sedimentos Modernos	Areias de granulometria fina a média, marrons, intercaladas a argilas escuras, com restos vegetais, distribuídos nas margens de rios e igarapés.
		Pleistoceno	Pós Barreiras	Sedimentos inconsolidados, arenoargilosos, finos a médios, com concreções ferruginosas.
	Terciário	Mioceno Pleistoceno	Grupo Barreiras	Arenitos ferruginosos, areias finas a médias, siltosas e argilosas.
		Oligo Mioceno	Formação Pirabas	Calcários fossilíferos e margas, intercalados com folhelhos rítmicos e arenitos calcíferos.

6.0 CARACTERÍSTICAS DO MEIO FÍSICO

Os diferentes aspectos relacionados ao meio físico da região de Abaetetuba são importantes para embasar este estudo e caracterizar a região. São eles: clima, solo, relevo, vegetação dentre outros. Nos itens a seguir esses componentes são descritos.

6.1 CLIMA

O clima do município de Abaetetuba segundo a classificação de Köppen é do tipo Am, correspondente a categoria de super úmido. Esse clima apresenta altas temperaturas, inexpressiva amplitude térmica e precipitações ambulantes (PDMPA 2006).

Essa categoria climática apresenta como características principais altas temperaturas (acima de 18° C), ventos de baixas velocidades, intercalados com momentos frequentes de calmaria, elevados índices de umidade relativa do ar e precipitações médias acima de 2500 mm ao ano, Almeida (2005).

A média de precipitação nessa área é bem parecida com as registradas em Belém por Matta (2002) ao analisar a média de precipitação na capital paraense para o período de 1930 a 1990.

Foi identificado que a precipitação anual em Belém e Ananindeua é de 2745 mm/ano, com época mais chuvosa representada por 331,4 mm/mês e a menos chuvosa por 126,2 mm/mês; identificando ainda o mês de março como mais chuvoso (maior precipitação – 422,5 mm/mês) e novembro como menos chuvoso (menor precipitação – 90,4 mm/mês), Matta (2002).

6.2 SOLO

No município de Abaetetuba predominam o Latossolo Amarelo distrófico, textura média, associado a Solos Concrecionários Lateríticos Indiscriminados distróficos e ao Podzol Hidromórfico com textura indiscriminada, em relevo plano. Nas ilhas, podem ser encontrados sob a forma de manchas, os solos Gleys eutróficos e distróficos e Aluviais eutróficos e distróficos, com textura indiscriminada (Pacheco *et al.* 2011).

Radam (1974) descreveu estes solos como:

- Latossolo Amarelo Distrófico

Solo muito espesso, de textura média a muito argilosa, com alta capacidade de troca iônica, baixo conteúdo de carbono orgânico, alta saturação em alumínio, baixo conteúdo de fósforo assimilável e alto conteúdo de fósforo total. Esse tipo de solo provém da Formação Barreiras, formando um relevo plano sob floresta densa.

- Podzol Hidromófico

Constituído por sedimentos arenosos quaternários, bem drenados e com ausência de materiais primários de decomposição.

- Concrecionário Laterítico

Solo constituído por sedimentos argilosos ou areno-argilosos com presença de concreções ferruginosas. Formado em superfície plana ou suavemente ondulada e solo de floresta densa, solo moderadamente espesso, Pacheco *et al.* (2011).

- Laterita Hidromórfica

Solo desgastado e ácido pobre em húmus e rico em sesquióxidos. Encontrado a uma profundidade que varia de 17 a 52 cm com coloração vermelha, cinza ou branca.

- Areia Quartzosa

Solo árido, facilmente lixiviável, com baixa atividade de argila e saturação. De textura arenosa a fraca, granular ou maciça porosa, se desfazendo em grãos simples.

Relacionados aos recursos hídricos, os solos arenosos são os que detêm as maiores importâncias, pois proporcionam as melhores infiltrações, possibilitando melhores acumulações de águas nas unidades aquíferas (Almeida 2005).

6.3 VEGETAÇÃO

Segundo Pacheco *et al.* (2011), a cobertura vegetal original do município de Abaetetuba é representada pela Floresta Densa de Terra Firme (Floresta Hileiana) de grande porte, que recobria maior parte da área municipal sendo atualmente praticamente inexistente.

Em seu lugar existe a Floresta Secundária, intercalada a cultivos agrícolas. As áreas de várzea apresentam vegetação característica, com espécies ombrófilas latifoliadas (de folhas largas), intercaladas com palmeiras, onde pode-se destacar o açaí como uma espécie de grande importância para as populações locais.

6.4 RELEVO

Abaetetuba apresenta grande simplicidade na sua forma de relevo, apresentando ora amplos tabuleiros pediplanados, que formam os terrenos mais recentes, inseridos na unidade morfo estrutural do Planalto Rebaixado do Baixo Amazonas (PDMPA 2006) e planícies litorâneas, sendo a topografia da região dividida em cinco planos altimétricos, de acordo com o padrão regional caracterizado por um relevo suavemente ondulado a plano (Rima Albrás/Alunorte 1984 apud Almeida 2005).

Tabela 1- Descrição dos níveis altimétricos da área estudada.

Nível Altimétrico (m)	Descrição
0 – 3	Várzea baixa, alagável constantemente representadas por terrenos baixos e relativamente planos, igapós e lagos, que se encontram juntos às margens dos rios.
3 – 5	Várzea alta, alagável periodicamente, composta por restingas, diques e cordões arenosos.
5 – 12	Terraços, elevações fora do alcance das águas, por ocasião das inundações, são associados à planície quaternária.
12 - 15	Falésias da baía do Rio Pará
10 - 30	Terras firmes de nível superior, platôs terciários com drenagem superficial relativamente inexistente. Estas áreas estão fora da ação das águas dos rios e das marés.

Fonte: Modificado de (Almeida 2005).

6.5 ASPECTOS HIDROGRÁFICOS

A área estudada possui uma rede hidrográfica bastante vasta, navegável em vários de seus trechos. Na região de Abaetetuba os principais acidentes geográficos são o Rio Tocantins (Abaetetuba) o qual é afluente do rio Amazonas pela margem direita, e a Baía do

Marajó (Barcarena), a qual compõe, com outras contribuições hídricas, o “Golfão Marajoara”.

No município de Abaetetuba, o rio Tocantins recebe águas do rio Maratauíra e é engrossado pelas águas do rio Abaeté, passando a constituir um só rio a partir desse ponto. Vão desaguar na baía do Marajó. O rio Tocantins é formado pela reunião do chamado alto Tocantins com o rio Araguaia. Ambos nascem no estado de Goiás, o primeiro na serrados Pirineus e o segundo no morro vermelho da Serra Selada, CPRM(2013).

O Tocantins mede 2.640 Km de extensão. Suas águas são claras, sua vazão é de mais ou menos 1.650 m³ por segundo nas águas baixas e 17.000 m³ por segundo nas águas altas.

O rio Maratauíra separa a zona de terra firme, situada a leste do município, da zona das ilhas, situada a oeste e recebe as águas de vários rios. Pela margem direita: Rio Piquiarana, rio Arapapu, rio Acaraqui, rio Genipaúba, rio Ipixuna, rio Jaurá, rio Jarumã, rio Traíra-Miri, rio Guajará, rio Arapiranga e rio Uraenga; Pela margem esquerda: rio Tucumanduba, rio Quianduba, rio Maracapu, rio Arumanduba, rio Paramajó, rio Caripetuba e rio Xingu, CPRM(2013).

6.5.1 Furos e Igarapés

Existe na área de estudo inúmeros furos e pequenos cursos d'água. Em Abaetetuba, o rio Meruú (Maratauíra) tem, pela margem direita, os furos do Limão e Mitipucu e os igarapés Acarajá, São Bento e São João. Pela margem esquerda os furos

Panacuera, furo do Pinheiro e furo Grande e os Igarapés Felipe, das Almas, Sirituba e Açú. O rio Abaeté tem pela margem direita os igarapés Muratinga, Aramanduba, Bonito, Pindobal, Piquiatuba e outros de menor importância e pela margem esquerda o furo do Capim e os igarapés Marataia e Xingu-Miri, CPRM(2013).

6.5.2 Ilhas

Existem, na área estudada, de estudo inúmeras ilhas. Cerca de 45 delas constituem a chamada zona das ilhas. São interligadas por inúmeros rios, furos e igarapés que formam o complexo hidrográfico da área.

Dentre essas ilhas destacam-se a Sirituba, a Campompema, a Paçoca, Capim Coelho, Cururu, São Francisco, Santo Antônio Cururu, São Bento e outras, CPRM(2013). Tal é a insinuação desses cursos d'água que ainda hoje representam o principal meio de comunicação entre as pequenas povoações e aglomerados (subdistritos) que se formam às suas margens, Figura 6.

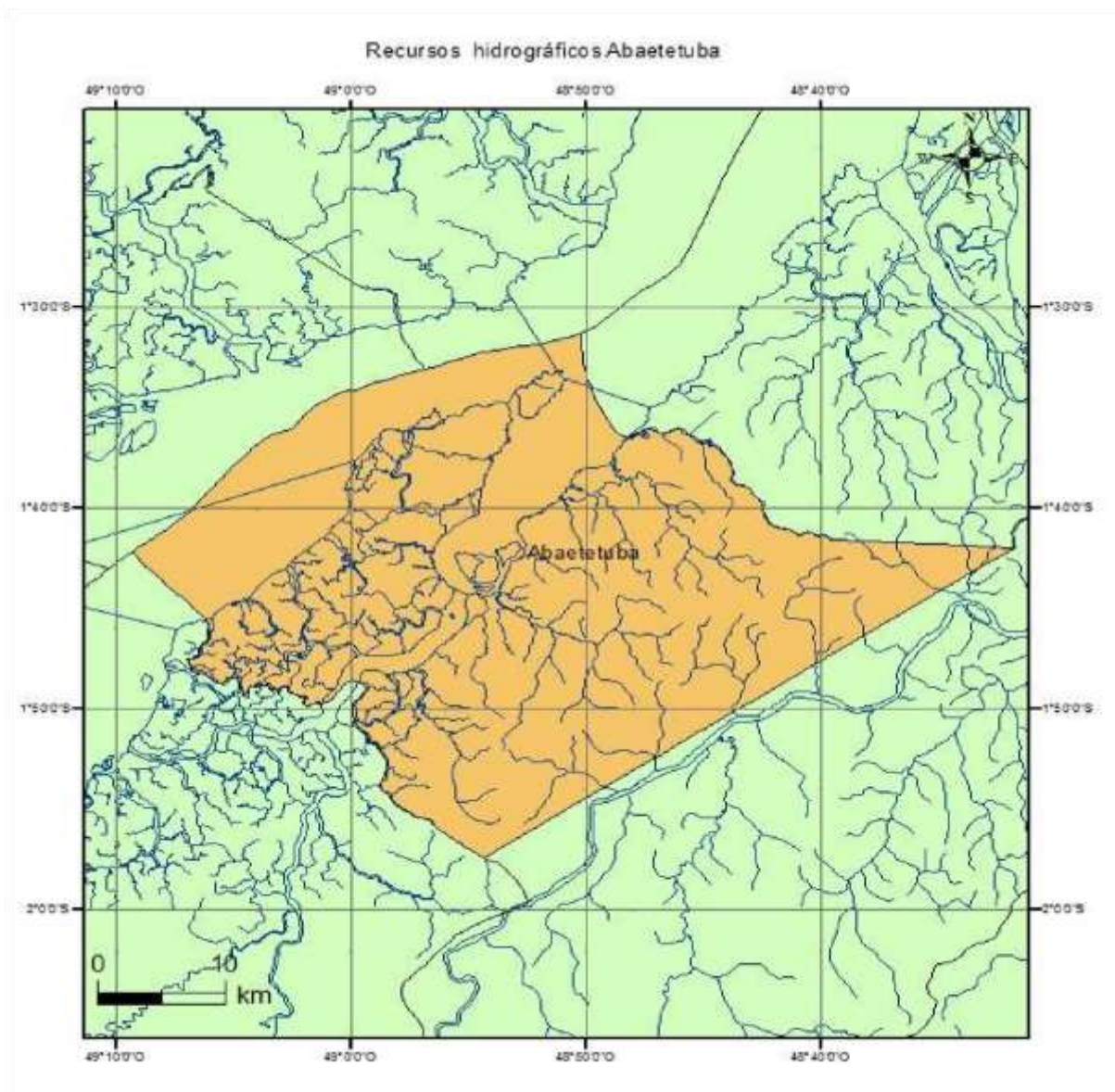


Figura 6- Drenagens existente no município de Abaetetuba mostrando a distribuição de rios, furos e igarapés ao longo da região urbana e das ilhas da cidade. Fonte: Autora.

6.6 RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS DA REGIÃO DE ABAETETUBA

A rede hidrográfica é constituída por rios e igarapés que proporcionam um ambiente natural de rara beleza, principalmente, na parte oeste do município, composto de 20 ilhas, dentre elas: Capim, Sirituba, Campompema, Xingu, Tabatinga, Paruru, Piquiarana.

O município é banhado pela baía do rio Pará, que faz limite a noroeste com os municípios de Muaná e Ponta de Pedras, pelo rio Abaeté, que banha a sede do município e deságua na baía do Capim, o rio Arienga, que serve de limite com o município de Barcarena,

o rio Itamimbuca, que serve de fronteira, a sudoeste, com o município de Igarapé-Mirim e pelo rio Maratauíra que dá acesso ao seu arquipélago e a outros municípios vizinhos (Secretaria Municipal de Meio Ambiente 2014).

De acordo com Secretaria Municipal de Meio Ambiente, 2014, a rede hidrográfica municipal permite o tráfego de embarcações de diversos portes, se tornando o principal meio de transporte entre os municípios do Baixo Tocantins e a capital do Estado. A Figura 7 apresenta a hidrografia do município de Abaetetuba.

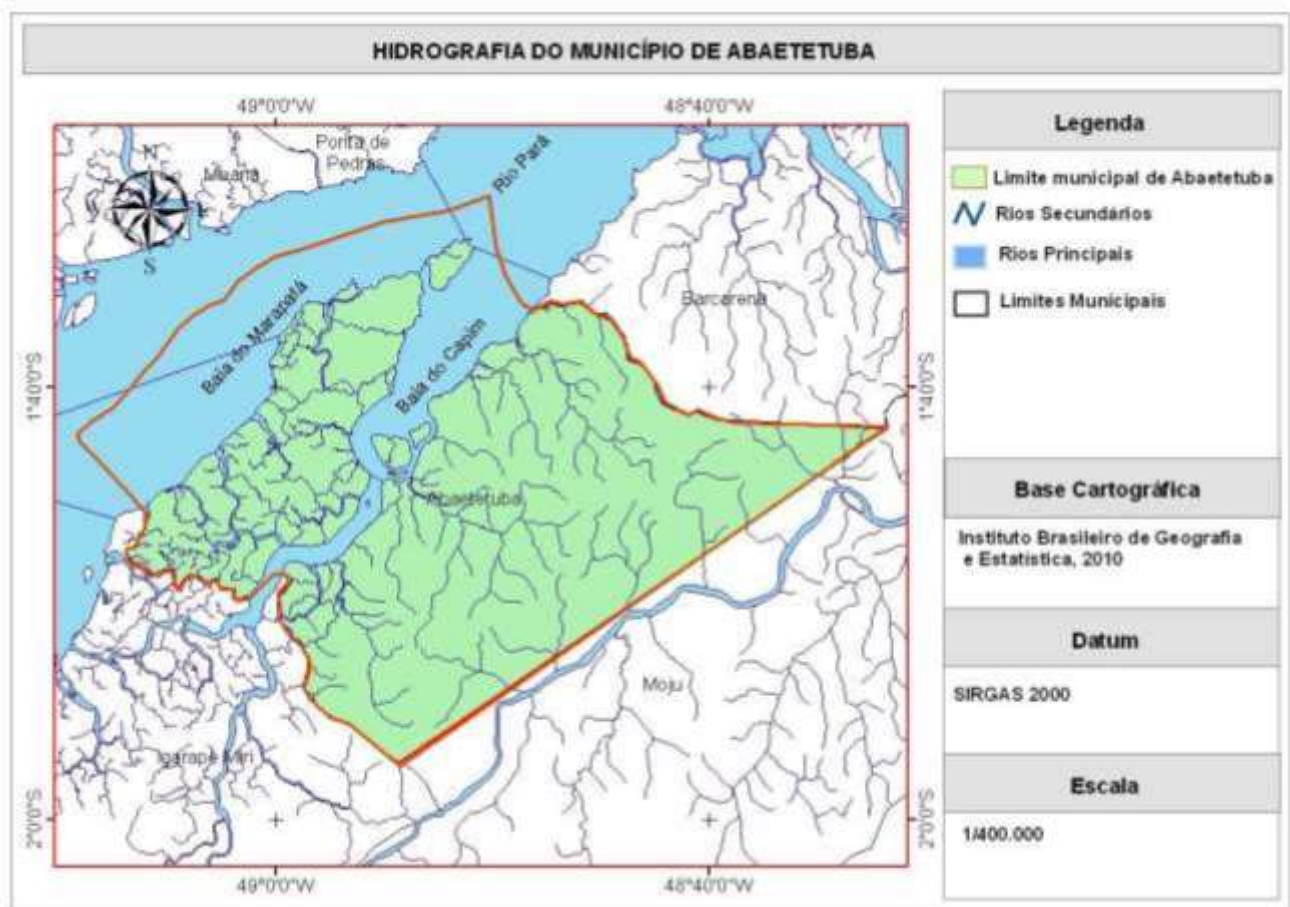


Figura 7- Mapa geopolítico de localização da hidrografia do município de Abaetetuba. Fonte: Prefeitura Municipal de Abaetetuba 2017.

7.0 HIDROGEOLOGIA

Três grandes bacias hidrográficas recobrem o Estado do Pará: Amazônica, Tocantins-Araguaia e Atlântico Norte (ANA 2007). Ainda que possua uma considerável rede de drenagem superficial constituída por inúmeros rios de vazões expressivas, cerca de 76% dos 144 municípios paraenses são abastecidos parcial ou totalmente por águas subterrâneas.

Modelos de abastecimento pautados em águas subterrâneas são preferenciais devido a maior proteção contra a contaminação, serem captadas no próprio local e não necessitarem,

na maioria das vezes, de tratamento prévio, apenas da adição de cloro para eliminação dos coliformes eventualmente presentes, o que diminui os custos de produção.

As águas subterrâneas de aquíferos sedimentares no Estado do Pará não ocorrem de forma homogênea, já que cerca de 60% do território está assentado em ambiente de rochas cristalinas. No Estado do Pará, predominam as águas subterrâneas de boa qualidade e em quantidades apreciáveis com baixos a médios teores de mineralização e pH médio entre 4,8 e 8,0. Porém, ainda não se tem pleno conhecimento de suas reservas (João *et al.* 2013).

O quadro hidrogeológico da região investigada compreende as unidades litológicas cenozoicas pertencentes à Formação Pirabas, ao Grupo Barreiras e à Formação Pós Barreiras (Almeida 2005).

O Sistema Aquífero Barreiras constitui um aquífero predominantemente livre, amplamente distribuído pela costa brasileira, aflorando de forma descontínua da região Norte à região Sudeste, ocupando uma área de aproximadamente 175.000 km². Uma das características mais marcantes desse sistema é o alto teor de ferro das suas águas, o que comumente acarreta a necessidade de tratamento para desferrização, a fim de evitar problemas, tais como: gosto metálico nas águas produzidas, incrustações nas bombas e filtros dos poços e nos materiais de revestimento, reduzindo a vida útil dos poços (Matta 2002).

Cortez *et al.* (2000) destacam que o Sistema Aquífero Barreiras apresenta águas com baixas concentrações de sais dissolvidos, variando entre 15,18 e 32,61 mg/L e pH de 4,3 a 4,6. Em virtude do nível eustático raso (< 5 m) e da natureza do aquífero ser livre, as águas subterrâneas desse sistema, podem interagir facilmente com águas superficiais contaminadas por efluentes líquidos (principalmente esgotos domésticos), fossas negras caso não exista saneamento básico (Matta 2002).

Além disso, resíduos sólidos em lixões tais como metais pesados e solventes clorados diversos podem contaminar mais facilmente este aquífero dada a sua proximidade com a superfície. Diversas capitais litorâneas das regiões norte-nordeste, tais como, São Luís, Belém, Fortaleza, Natal e Maceió, tem grande parte de seu abastecimento hídrico suprido pelo Sistema Aquífero Barreiras (Hirata *et al.* 2016).

O Sistema Aquífero Pirabas faz parte do contexto geológico da região nordeste do Pará, se estendendo até as faixas litorâneas dos estados do Maranhão e Piauí. As camadas aquíferas do Sistema Pirabas, quando comparadas com o Sistema Barreiras, apresentam melhores e maiores continuidades laterais além de uma boa espessura, geralmente em torno de 80 m (Matta 2002).

7.1 DADOS HIDROGEOLÓGICOS

O arquivo de dados montado para este estudo contém um total de 144 (cento e quarenta e quatro) poços: Deste total de poços, apenas 18 (dezoito) poços foram utilizados para o estudo dos aspectos geométricos dos sistemas aquíferos, Tabela 2.

Poços	Referências de Localização	Profundidade (m)	Empresa
Poço 01	CODEBAR 01	82,0	GEO SER
Poço 02	Vila Nova Barcarena /CODEBAR 03	81,0	GEO SER
Poço 03	Margem da estrada p/ Abaetetuba	24,0	FSESP
Poço 04	ALBRÁS	94,0	GEO SER
Poço 05	Caripi/CODEBAR 04	98,0	GEO SER
Poço 06	ALBRÁS	156,0	GEO SER
Poço 07	Itupanema-Barcarena-CODEBAR	81,0	GEO SER

Continua

Poço 08	Portobrás-Vila do Conde (Porto)	87,6	GEO SER
Poço 09	Vila do Conde (Eletronorte)	57,0	GEO SER
Poço 10	Caripi-CODEBAR	120,0	GEO SER
Poço 11	Núcleo Urbano da ALBRÁS	205,5	GEO SER
Poço 12	Fábrica da ALBRÁS	205,0	PAIVA POÇOS

Poço 13	Área 511 da ALBRÁS	224,0	PAIVA POÇOS
Poço 14	Sítio Montanha Barcarena (Rio Capim Química S.A)	295,0	CORNER S.A.
Poço 15	Poço Tubular da Área do C.D.I	25,1	IDESP
Poço 16	Centro de Reservação do Núcleo Urbano da CODEBAR	96,2	GEOUSER
Poço 17	Vila do Conde-Portobrás	72,3	GEOUSER
Poço 18	Vila Nova	81,0	GEOUSER

(conclusão)

Tabela 2- Características dos Poços Utilizados na Análise Geométrica. Fonte: Modificado de (Almeida 2005).

7.2 GEOMETRIA DOS SISTEMAS HIDROGEOLÓGICOS

Os arranjos geométricos das camadas produtoras de água existentes nos principais sistemas aquíferos reconhecidos neste trabalho foram analisados do ponto de vista das espessuras, continuidades laterais e profundidades dos mesmos (Tabela 3).

O principal objetivo é o entendimento da geometria dos corpos aquíferos com o objetivo de auxiliar no estabelecimento da proposta de abastecimento de água proposto nesse estudo.

Tabela 3- Características Gerais dos Sistemas Hidrogeológicos.

Sistemas Aquíferos	Profundidades de ocorrência	Vazões
Aluviões	Inferiores a 10m.	Em torno de 10m ³ /h.

Pós-Barreiras	Desde a superfície até 25m sendo quase sempre inferior a 25m.	Geralmente abaixo de 5 m ³ /h.
Barreiras	Ocorrem, geralmente, entre 25 e 90m.	Vazões entre 10 e 70 m ³ /h.
Pirabas Superior	Ocorrem, geralmente, entre 70 e 180m.	Vazões entre 100 e 200 m ³ /h.
Pirabas Inferior	Ocorrem abaixo de 180m.	Vazões na ordem de até 600m ³ /h.

Fonte: (Almeida 2005).

7.2 ANÁLISE DOS PERFIS LITOLÓGICOS

O estudo das características geométricas das unidades aquíferas enfrenta uma dificuldade preliminar quando se analisa o relatório construtivo dos poços tubulares. As descrições dos tipos litológicos variam bastante de empresa para empresa, dentro do mesmo intervalo de descrição. Areias argilosas para algumas empresas se tornam argilas arenosas e assim por diante. Na ausência das amostras de calha fica-se dependendo das descrições dos relatórios que, por sua vez, refletem diferentes critérios descritivos (Almeida 2005).

Os sistemas foram reconhecidos a partir de uma correlação feita entre as características apresentadas pelos perfis litológicos construídos, com base em relatórios técnicos, e as características dos 05 (cinco) sistemas hidrogeológicos apresentadas pela literatura que estão descritos anteriormente.

7.2.1 Análise dos Perfis Litológicos

O estudo das características geométricas das unidades aquíferas depara com uma dificuldade preliminar quando se analisa o relatório construtivo dos poços tubulares. As descrições dos tipos litológicos variam bastante de empresa para empresa, dentro do mesmo intervalo de descrição, (Almeida 2005).

Areias argilosas para algumas empresas se tornam argilas arenosas e assim por diante. Na ausência das amostras de calha fica-se dependendo das descrições dos relatórios que, por sua vez, refletem diferentes critérios descritivos.

Para estudar as configurações geométricas dos corpos aquíferos identificados na área estudada, foram construídos 18 (dezoito) perfis litológicos baseados nos relatórios fornecidos pelas principais empresas que atuam no setor de perfuração de poços na área.

Somente foram disponibilizados relatórios de poços da região de Barcarena, pelas empresas perfuradoras (Tabela2). Os resultados, porém, foram extrapolados para toda a área, uma vez que esses comportamentos geométricos vêm sendo detectados em ambos os municípios, bem como nos estudos realizados na região de Belém e Ananindeua (Matta 2002).

As figuras 8.0 a 8.4 mostram os diversos perfis construídos que permitem se perceber o comportamento das principais unidades aquíferas identificadas neste estudo. Pode-se identificar a presença dos 05 (cinco) sistemas hidrogeológicos mencionados no início deste capítulo.

Os sistemas foram reconhecidos a partir de uma correlação feita entre as características apresentadas pelos perfis litológicos construídos, com base em relatórios técnicos, e as características dos 05 (cinco) sistemas hidrogeológicos apresentadas pela literatura e que se encontram descritos acima.

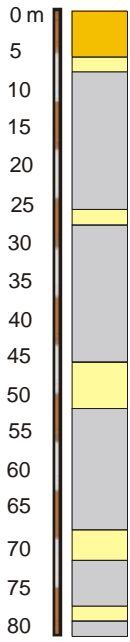
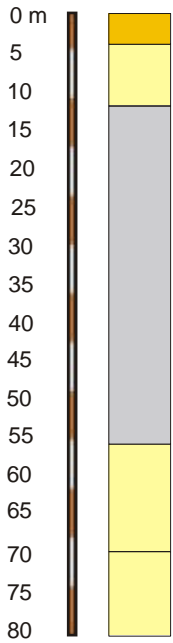


Figura 8.1 – Perfil litológico do Poço 02 da tabela 2. Legenda conforme Fig.8.0



01 da tabela 2.

LEGENDA



Argila arenosa

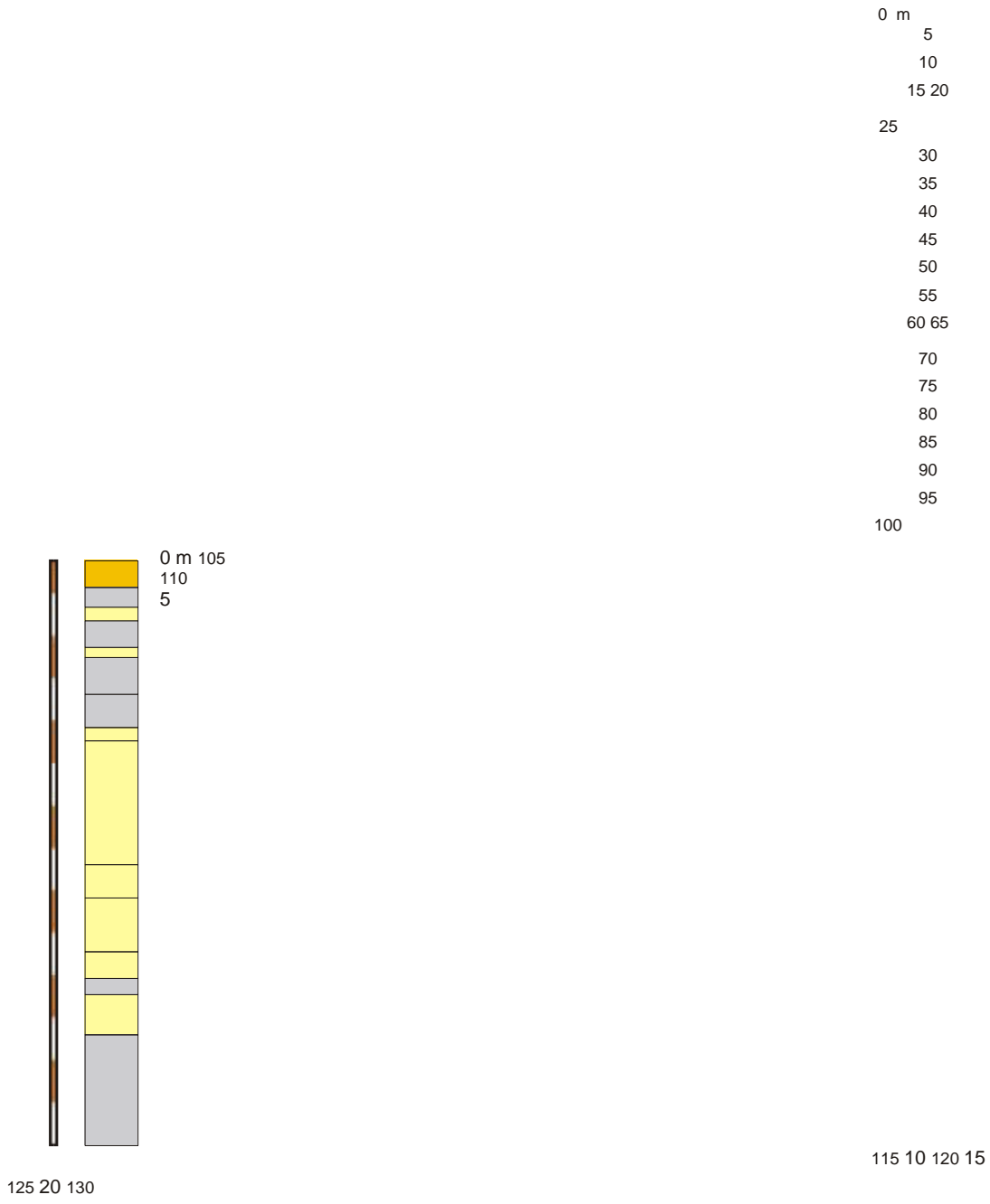


Areia

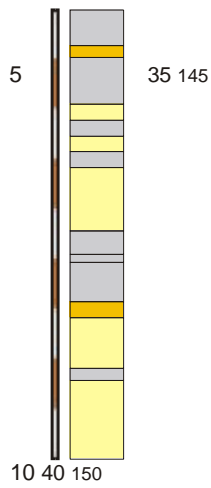


Argila

Figura 8.0- Perfil litológico do Poço



25 135
0 m
30 140



15 155
45
20 160
50
55 25 170 60 30 175
65 35 180
70 40 185
75 45 190
80 50 195
85 55 205

165

200

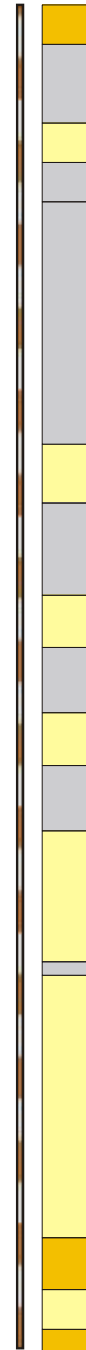


Figura 8.2- Perfil litológico do Poço 08 da tabela 2. Legenda conforme Fig. 8.0.

Figura 8.3- Perfil litológico do Poço 09 da tabela 2. Legenda conforme Fig.8.0.

Figura 8.4- Perfil litológico do Poço 11 da tabela .2. Legenda conforme Fig. 8.0.

7.3 ANÁLISE DAS SEÇÕES LITOLÓGICAS COMPOSTAS

Com base nos perfis individuais construídos para cada um dos poços, foram feitas associações geográficas e construíram-se cinco seções compostas (Figuras 8.0 a 8.4) no sentido de interpretar os arranjos geométricos dos principais corpos aquíferos.

O comportamento das camadas aquíferas do sistema aquífero Pós Barreiras, que foi observado em todas as seções litológicas construídas, indicou que na região de Barcarena, as camadas aquíferas deste sistema têm um comportamento contínuo lateralmente, sendo que essas camadas variam de finas a muito finas.

Em virtude dos aquíferos do sistema Pós Barreiras serem rasos, portanto ausentes de camadas confinantes, tornam-se aquíferos livres, altamente vulneráveis à contaminação (Almeida 2005).

As camadas que integram o sistema aquífero Barreiras apresentaram, em todas as seções litológicas construídas, um comportamento lateral com caráter lenticular, caracterizando a descontinuidade e a heterogeneidade deste sistema.

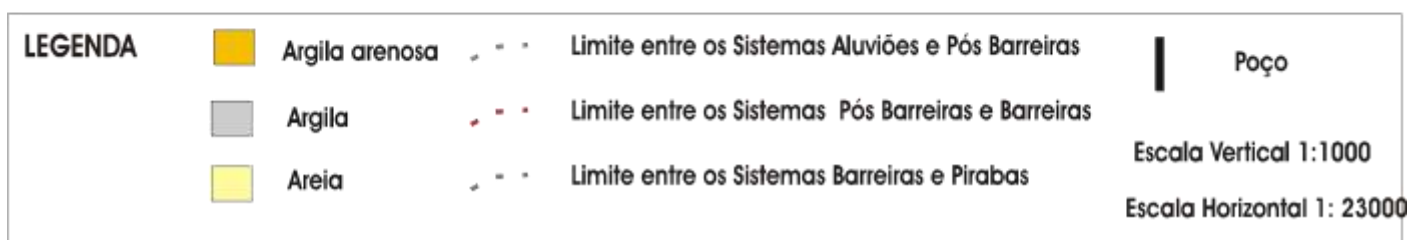
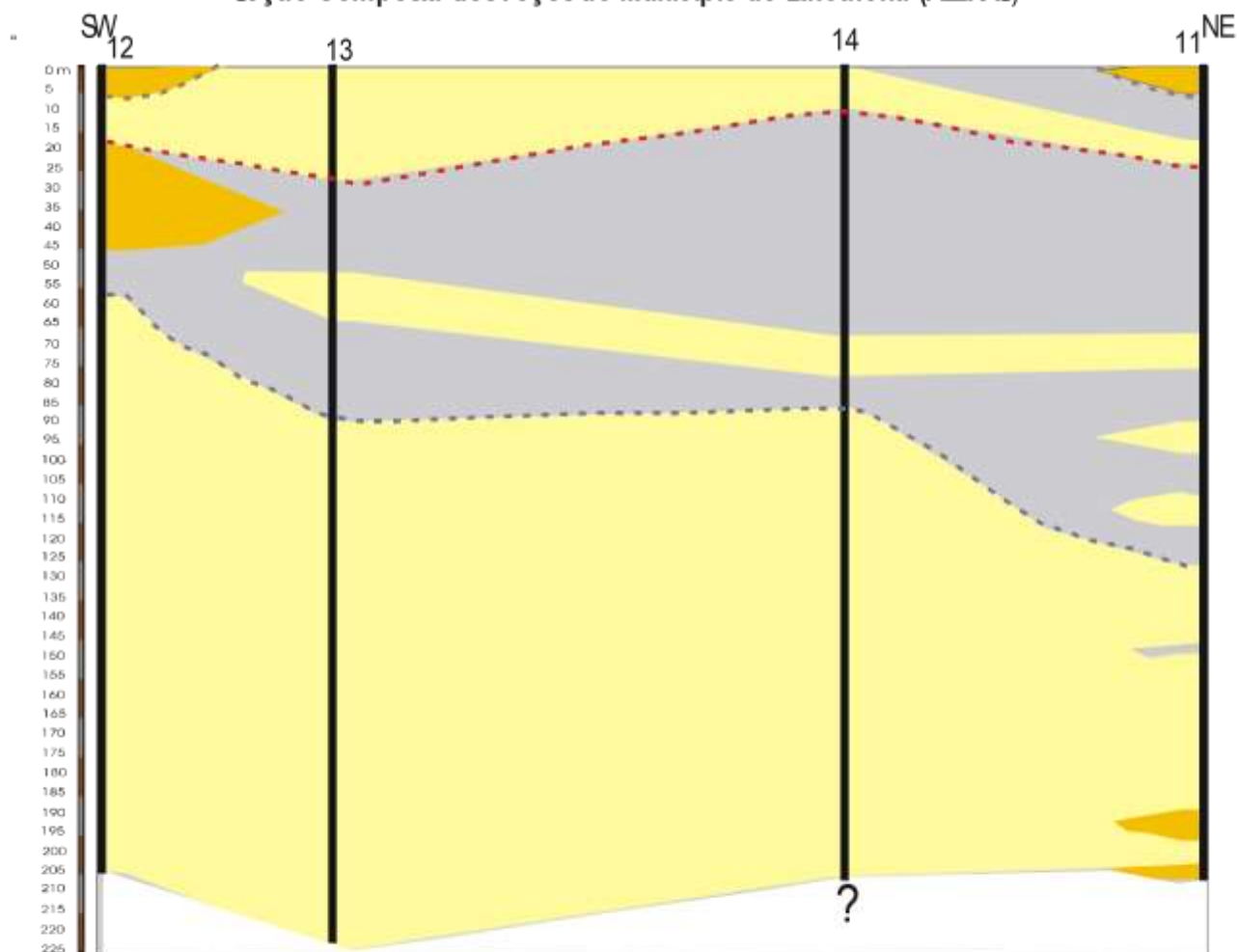
As lentes caracterizam-se por serem, normalmente, finas e pouco espessas, estando em contato com pacotes argilosos e argilo-arenosos o que pode ser importante quanto a uma menor vulnerabilidade deste aquífero em relação aos aquíferos do sistema Pós Barreiras.

O comportamento do sistema aquífero Barreiras na região de Abaetetuba observado nestas seções, coincide com o comportamento observado na região de Belém e Ananindeua (Matta 2002), podendo se interpretar que este sistema tem semelhantes configurações geométricas nas duas regiões.

Em virtude do caráter lenticular apresentado pelo sistema aquífero Barreiras, a captação de água subterrânea desse sistema pode se tornar um sério problema uma vez que não se conhece o começo nem o fim das camadas aquíferas, isso significa que a atividade de perfuração é incerta no que diz respeito à possibilidade de se encontrar água, acarretando diversos problemas, entre eles o financeiro.

O sistema Aquífero Pirabas foi identificado somente na Seção litológica da Figura 9, observou-se que as camadas aquíferas integrantes do sistema aquífero Pirabas em geral, apresentaram-se contínuas lateralmente e muito espessas, estando localizadas a altas profundidades e protegidas por uma maior quantidade de camadas confinantes. Isso indica uma maior pressão, portanto maior vazão e baixa vulnerabilidade por parte dos aquíferos deste sistema (Almeida 2005).

Seção Composta dos Poços do Município de Barcarena (ALBRÁS)



Com base nas características verificadas pode se dizer que se trata do sistema aquífero com maior vazão e mais seguro, para abastecimento de água potável para população.

Figura 9- Modelo de Seção litológica para os aquíferos da Região de Abaetetuba: Fonte: (Almeida 2005).

8.0 CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÔMICAS DO MUNICÍPIO DE ABAETETUBA-PA

Abaetetuba é um município brasileiro do estado do Pará, pertencente à Microrregião de Cametá, localiza-se no norte brasileiro, localizado às margens do Rio Maratauíra (afluente do Rio Tocantins). É a cidade-pólo da Região do Baixo Tocantins e, a 7ª mais populosa do

Estado. O Município é formado por dois distritos: Abaetetuba (sede) e a Vila de Beja (PMA 2017).

A cidade é polo de uma região que abrange os municípios de Moju, IgarapéMirim e Barcarena (somando uma população de mais de 350 000 habitantes), Abaetetuba é a sétima mais populosa cidade do estado. A cidade proporciona fácil acesso aos portos de Belém e de Vila do Conde e ao sul do Pará, além de ser próxima ao Polo Industrial na Vila dos Cabanos, que se localiza a 30 km.

Atualmente, o comércio formal e informal domina a economia no município de Abaetetuba, sendo que o Município apresenta outras atividades de destaque em sua economia, como: a indústria (indústria oleira), agricultura, pecuária e o extrativismo vegetal, principalmente na extração do açaí (fruto e palmito), exploração de madeira, (cerâmicas de telhas e tijolos), pesca artesanal, agricultura familiar e artesanato (PMA 2017).

Diversas empresas estão se instalando no município aproveitando a grande rede de serviços da cidade, fato refletido no produto interno bruto municipal, que triplicou em quatro anos. A atividade econômica predominante no município é o setor terciário (comércio e serviços), que conta com uma ampla rede de estabelecimentos das mais diversas atividades.

A atividade industrial tem pequena participação na economia abaetetubense, compõe-se sobretudo dos ramos alimentício e de beneficiamento de produtos agrofloretais. De um modo geral, as indústrias da cidade são de médio e pequeno portes e distribuem-se principalmente nos ramos de bebidas, moveleiro, madeireiro e oleirocerâmico. A cidade conta também com metalúrgicas e estaleiros(PMA 2017).

A realidade as cidades amazônicas, assim como o município de Abaetetuba, passam por um processo de crescimento acelerado e desordenado do ponto de vista socioambiental, marcadas por poluição, uso de áreas alagadas, acúmulo de lixo, subemprego, criminalidade, favelização e etc. (Alves 2007).

A falta de políticas públicas direcionadas ao ambiente urbano, a pouca mobilidade social em relação às questões ambientais e à imposição de administrações públicas centralizadas na gestão urbana é que fazem com o que o “caos” na urbanização das cidades amazônicas se agrave.

8.1 SITUAÇÃO DO ABASTECIMENTO DE ÁGUA NO MUNICÍPIO DE ABAETETUBA

O Sistema de Abastecimento de Água - SAA do município de Abaetetuba é realizado pela concessionária de abastecimento COSANPA - Companhia de Saneamento do Pará. Este

sistema é composto pelas etapas de captação, adução, tratamento, reservação e distribuição, sua atuação compreende a zona urbana da cidade e uma unidade do distrito de Beja (PMA 2017).

A atuação da concessionária está dividida em dois grandes setores compreendendo a zona urbana do município, a saber: Setor 01 compreendendo os bairros de São Lourenço, São João, São José, Centro, Algodal e Francilândia, e o Setor 02 compreendendo os bairros da Aviação, Santa Rosa, São Sebastião, Cristo Redentor, Mutirão, Santa Clara e Angélica.

No distrito de Beja existe uma pequena subestação para abastecimento de água local, sendo que a maior parte da população da vila possui soluções individuais de abastecimento, geralmente feita por poço do tipo raso ou freático (PMA 2017).

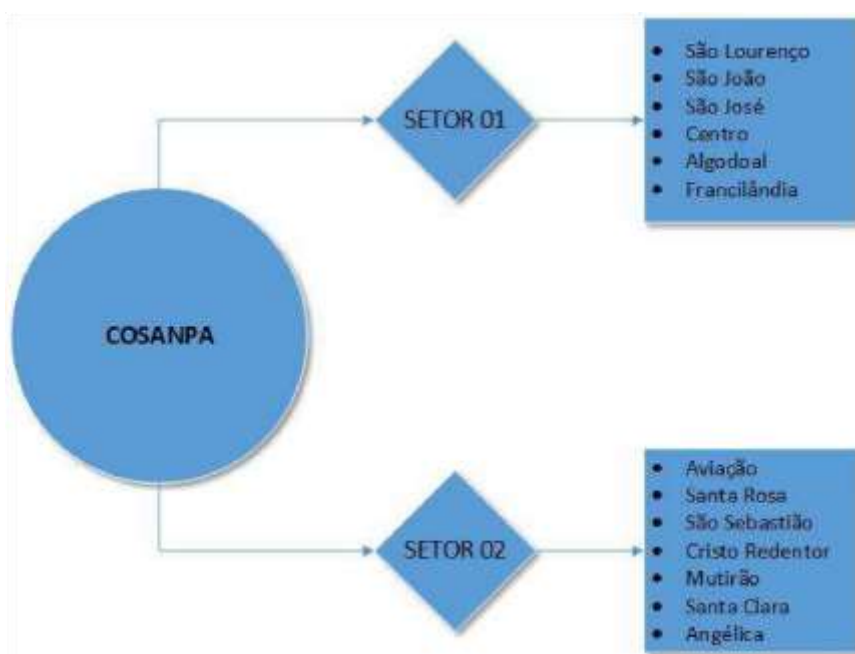


Figura 10- Fluxograma do Sistema de abastecimento de água em Abaetetuba. Fonte: (Prefeitura Municipal de Abaetetuba 2017).

8.2 ABASTECIMENTO DE ÁGUA NA ZONA URBANA

Na zona urbana da cidade o abastecimento é realizado por um sistema de abastecimento de água – SAA, realizado pela COSANPA, onde o mesmo é composto pelas etapas de captação, adução, tratamento, reservação e rede de distribuição.

A captação da água é realizada através de poços profundos na qual a água é captada diretamente do lençol artesianos, que é aquele localizado entre duas camadas confinantes de solo. Ao todo são 07 poços profundos, sendo 06 deles localizados no Bairro da Francilândia e 01 localizado no bairro de Algodal. A adução é toda realizada através de conjunto motor-

bomba, sendo que apenas um conjunto não está funcionando no momento por problemas técnicos(PMA 2017).

Após a captação a água é transportada através de bombeamento até a Estação de Tratamento de Água – ETA, localizada na Rua Primeiro de Maio, s/n bairro São Lourenço.

O esquema da Figura 06 mostra as etapas do SAA.



Figura 11- Etapas da SAA em Abaetetuba. Fonte: (Prefeitura Municipal de Abaetetuba 2017).

8.3 ABASTECIMENTO DE ÁGUA NA ZONA RURAL



Figura 12- Sistema de captação de água da COSANPA no distrito de Beja. Fonte: (Plano Municipal de Saneamento do Município de Abaetetuba 2017).

Não há sistema de abastecimento de água na zona rural do município (estradas, distrito de Beja e ilhas), pode-se observar o que predomina são soluções individuais de abastecimento, geralmente compostas por captação de água superficial ou por poço freático ou semi-artesiano, reservação por caixa de água e distribuição simples geralmente uni familiar.

No distrito de Beja, existe um pequeno sistema de captação, tratamento por cloração e distribuição de água onde pode ser verificado um poço semi-artesiano, sala de química onde ocorre a cloração e posterior distribuição dessa água(PMA 2017).



Figura 13- Poço semi-artesiano da COSANPA. Fonte: (Plano Municipal de Saneamento do Município de Abaetetuba 2017).

8.4 SISTEMA DE CAPTAÇÃO

A captação de água no município é realizada através de poço profundo em manancial subterrâneo. Segundo (FUNASA 2015), manancial subterrâneo são os mananciais que se encontram abaixo da superfície terrestre, compreendendo os aquíferos (lençóis) freáticos e profundos, tendo sua captação feita pelos poços rasos ou profundos, poços escavados ou tubulares, galerias de infiltração, barragens subterrâneas ou pelo aproveitamento das nascentes (fontes de encosta).

No município, o sistema é composto por 06 poços em operação, localizados nos bairros Francilândia e 01 localizado no bairro de Algodal, este último é utilizado com a finalidade de manutenção da pressão na rede (PMA 2017).

8.5 DIAGNÓSTICO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA EM ABAETETUBA-PA

Considerando os dados do IBGE (2010), a água distribuída pela rede geral atende aproximadamente 26,66% dos domicílios, sendo que através de poços ou nascente são atendidos aproximadamente 51,59% dos domicílios e outras formas de captação atendem 21,74% do total dos domicílios municipais. Vale ressaltar que, 40% da água que abastece a população, não são canalizadas (proveniente de poços, nascente, rios, igarapés etc.), o que representa certo grau de risco a saúde da população no que diz respeito disseminação de doenças de veiculação hídrica (PMA 2017).

O abastecimento de água oferecido pela COSANPA não atende todos os bairros do município, apenas 25% da população tem o seu abastecimento de água realizado pela companhia, segundo a secretária de saúde do município. Dados obtidos do Sistema de Informação de Atenção Básica (SIAB) junto à Secretaria de Saúde e Controle de Endemias de Abaetetuba (SSCEA), levando em consideração somente os bairros pesquisados, mostram que 65,53% da população consomem água de poços ou nascentes, 28,40% utilizam o serviço público da companhia (COSANPA) e 6,42% utilizam outras formas de abastecimento(PMA 2017).

8.6 LEVANTAMENTO DE POÇOS DA REGIÃO DE ABAETETUBA-PA

Para a confecção do mapa a seguir, foram cadastrados 144 poços cujos dados foram retirados da plataforma Siagas e dados anteriores de campo, conforme observa-se na Tabela 4 (Anexo A).

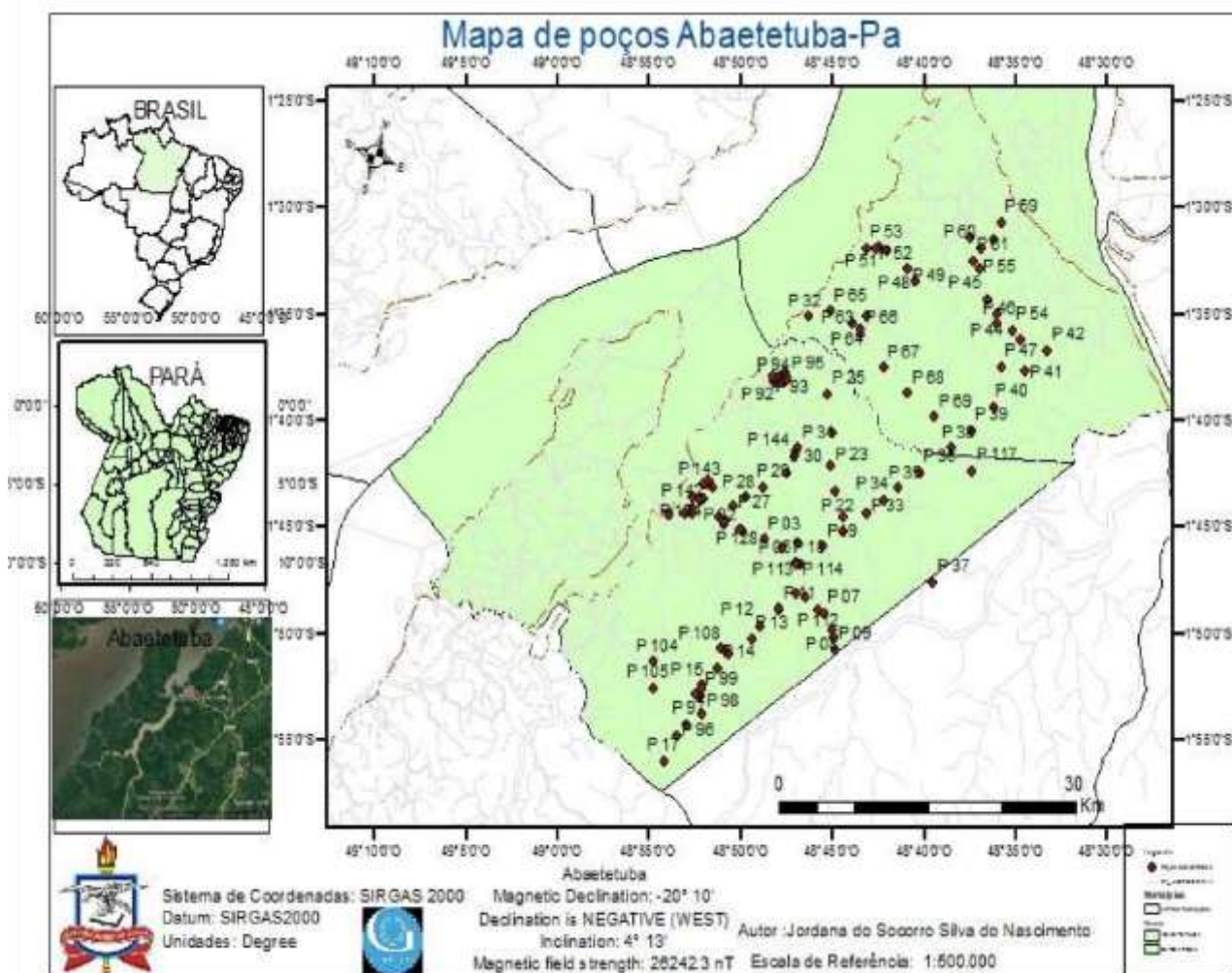


Figura 14- Distribuição dos poços artesianos e perfurados pela Cosanpa no município de Abaetetuba-Pa. Fonte: Autora.

A disposição dos poços perfurados na região de Abaetetuba, conforme mostra a Figura 14, não atende toda a população do município além de haver carência de abastecimento de água tratada na Zona Rural da cidade, quase não existindo dados sobre a quantidade certa de poços perfurados nas ilhas de Abaetetuba, revelando o a crítica situação de Abastecimento de água e saneamento básico da população ribeirinha.

9.0 QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

A qualidade das águas subterrâneas que abastecem a população de uma cidade é fundamental para um bom planejamento urbano. Determinar a qualidade das águas que a população do município de Abaetetuba utiliza é de suma importância dentro do estudo dos aquíferos e da relevância socioambiental. Para a análise foi realizada a coleta de amostras

das águas pertencentes ao sistema hidrogeológico Pós-Barreiras, que é o mais utilizado pela população de Abaetetuba (Rodrigues 2019).

9.1 BASE DE DADOS DA REGIÃO

Conforme estudos anteriores de (Rodrigues,2019), a qualidade das águas subterrâneas da área de estudo foi anteriormente determinada utilizando como parâmetros de análises: acidez, dureza, alcalinidade, condutividade, cloreto, cloro residual, dureza, pH, cor aparente, ferro, gosto/odor, nitrato, nitrato, amônia, sólidos totais dissolvidos, sulfato e turbidez. Foram emitidos laudos para cada parâmetro analisado.

9.2 RESULTADOS OBTIDOS E TRATAMENTO DOS DADOS

Os resultados obtidos com as análises das águas do sistema Pós-Barreiras encontram-se listados abaixo e os pontos de coleta são exibidos na Figura 15.

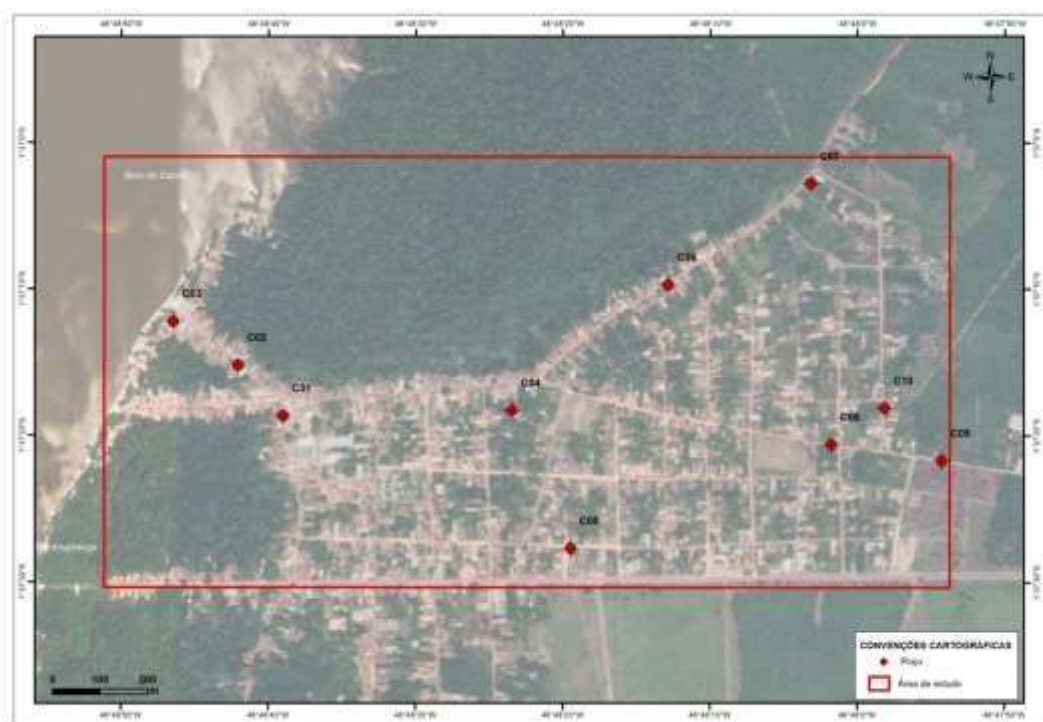


Figura 15- Mapa de localização dos pontos de coleta de água para análise química. Fonte: (Rodrigues 2019).

Os elementos permitiram uma melhor visualização dos parâmetros analisados, facilitando as interpretações sobre a área de estudo.

9.3 INTERPRETAÇÕES DOS RESULTADOS FÍSICO-QUÍMICOS

São apresentadas abaixo as principais interpretações e discussões acerca dos parâmetros analisados nesse trabalho.

9.3.1 Cor Aparente (u/H)

A cor da água é proveniente de material em decomposição, matéria orgânica como, por exemplo, substâncias húmicas, taninos e também por metais como ferro e manganês, além de resíduos industriais (FUNASA 2006).

Tendo como referência a Portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde que estabelece para cor aparente o Valor Máximo Permitido de 15 (quinze) uH como padrão de aceitação para consumo humano.

Conforme a Figura 16, pode-se dizer que as amostras 3 e 4 apresentam um valor para cor superior ao limite aceitável, levando-se em conta ainda que as águas subterrâneas são geralmente isentas da presença de cor estas amostras apresentam características de água fora dos parâmetros aceitáveis de potabilidade para este parâmetro (Rodrigues 2019).

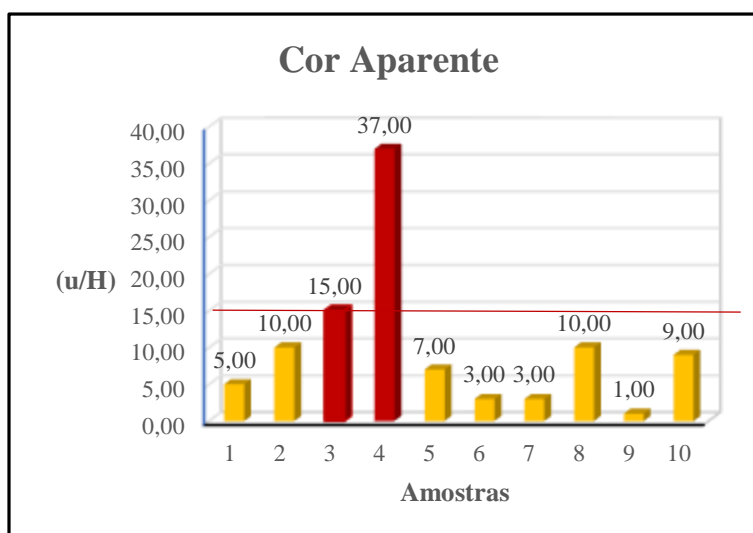


Figura 16- Valores obtidos para cor aparente. Fonte: (Rodrigues 2019).

9.3.2 Turbidez (u/H)

A turbidez da água se dá devido à presença de material sólido em suspensão que reduzem a transparência da água. Segundo (FUNASA 2006), a turbidez da água pode ser provocada ainda pela presença de algas, plâncton, matéria orgânica e muitas outras substâncias como o zinco, ferro, manganês e areia, que resultam do processo natural de erosão ou de despejos domésticos e industriais.

Ela é um indicador sanitário e padrão de aceitação da água de consumo humano segundo a legislação vigente. O Valor Máximo Permitido pelo Ministério da Saúde é de 1,0 uT para água subterrânea desinfetada e água filtrada após tratamento completo ou filtração direta, e 5,0 uT como padrão de aceitação para consumo humano. Para água resultante de filtração lenta o Valor Máximo Permitido é 2,0 uT (Rodrigues 2019).

Como os pontos de coleta são referentes à água subterrânea sem tratamento, se considerou 5,0 uT como o padrão de consumo humano aceitável pelo Ministério da Saúde e, tendo em vista esse parâmetro para os pontos analisados, a amostra 4 está como limite três vezes maior, Figura 17, ficando dessa forma, fora dos limites de potabilidade (Portaria 2914/2011).

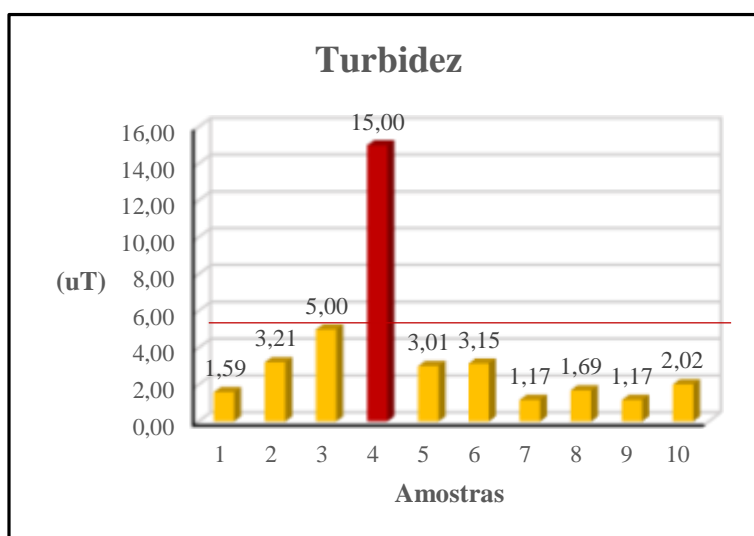


Figura 17- Valores obtidos para turbidez. Fonte: (Rodrigues 2019).

9.3.3 Temperatura (°C)

Temperatura da água no momento da coleta das amostras é um fator que influencia quase todos os processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem na mesma, ele é o parâmetro que faz a medição da intensidade de calor, refletindo o grau de aquecimento das águas e da radiação solar. A temperatura da água depende de fatores como clima, composição geológica, condutividade elétrica das rochas, dentre outras (Piratoba *et al.* 2017). Conforme a Figura 18, todas as amostras coletadas apresentavam temperatura

média próximas de 27,8°C que está dentro dos limites térmicos regionais.

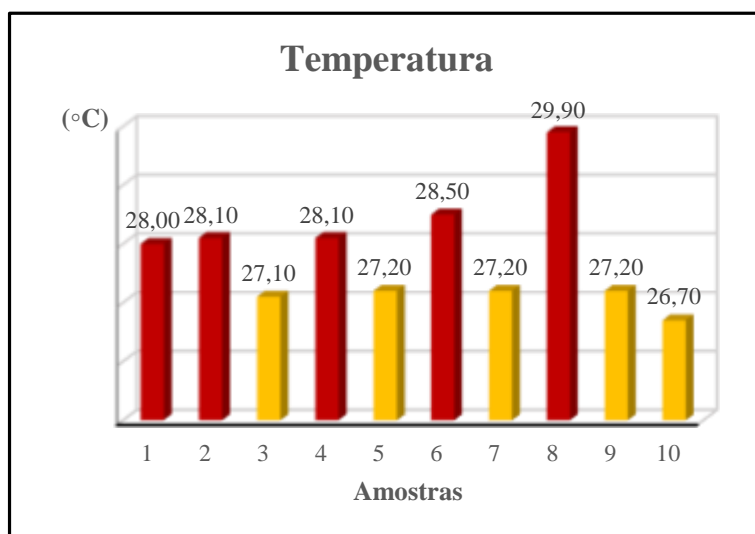


Figura 18- Valores obtidos para temperatura. Fonte: (Rodrigues 2019).

9.3.4 Condutividade Elétrica ($\mu\text{S/cm}$)

A condutividade elétrica é a capacidade que a água tem em conduzir corrente elétrica. Este é um parâmetro que está associado à presença de íons dissolvidos na água e trata-se de partículas carregadas eletricamente, quanto maior a quantidade de íons dissolvidos, maior será a condutividade elétrica sendo que esta aumenta com a elevação da temperatura (Portal Tratamento de Água 2008).

Segundo Santos (2007) para águas subterrâneas a análise desse parâmetro é fundamental, pois mede o grau de salinidade da água, sua real potabilidade associado ao consumo humano.

Os resultados obtidos de condutividade para cada amostra variaram de acordo com a temperatura, e mostraram valores entre 32,5 $\mu\text{S/cm}$ e 170 $\mu\text{S/cm}$. Com uma média de 101,19 $\mu\text{S/c}$.

Analisando o gráfico de condutividade elétrica da Figura 19, percebe-se que as amostras que as amostras de 01 a 06 exibem valores elevados de Condutividade Elétrica e correlacionando-as com os dados do gráfico de STD pode-se estabelecer uma correlação, pois para o mesmo intervalo os valores de STD são maiores também, porém continuam no limite de potabilidade.

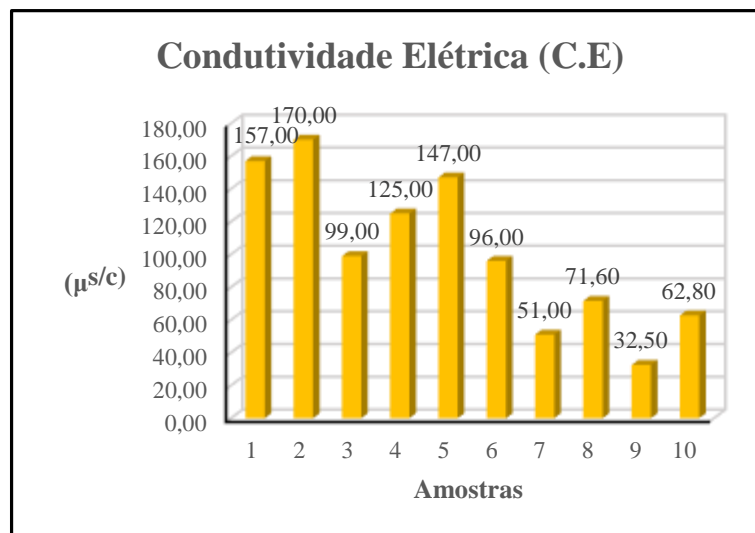


Figura 19- Valores obtidos para condutividade elétrica. Fonte: (Rodrigues 2019).

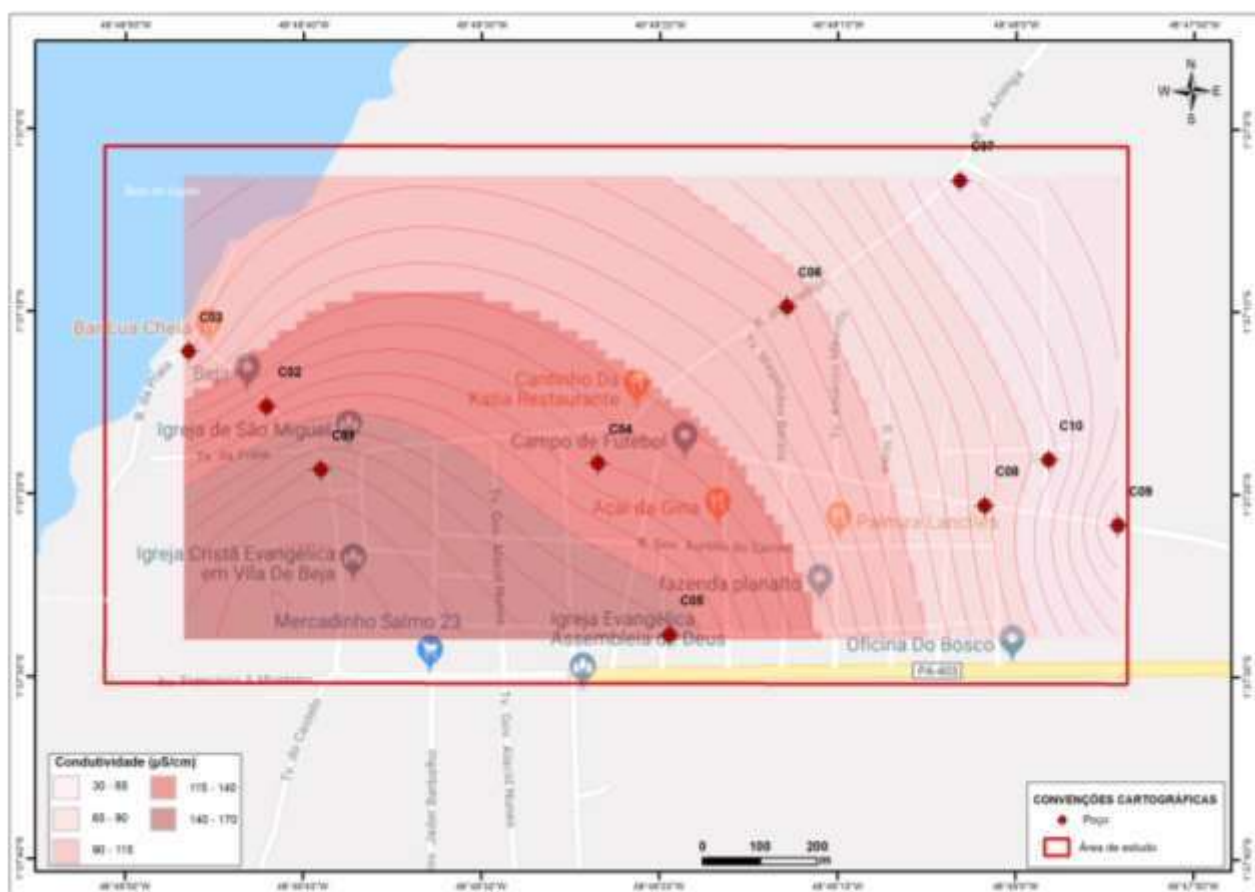


Figura 20- Mapa de Isovalores da condutividade elétrica. Fonte: (Rodrigues 2019).

Como podem ser observados na Figura 20, os valores da condutividade aumentam para sudoeste. Ou seja, há uma provável influência da Baía do Capim nas águas subterrâneas da área de estudo nesse sentido do fluxo.

9.3.5 Alcalinidade - CaCO₃ (mg/L)

A medida da alcalinidade é obtida pela soma de diferentes formas de alcalinidades existentes. Trata-se da concentração de hidróxidos, carbonatos e bicarbonatos expressos em forma de Carbonato de Cálcio (FUNASA 2006).

A alcalinidade mede a capacidade da água em neutralizar ácidos e a medida da alcalinidade é de fundamental importância durante processos de tratamento de água, pois através do teor de alcalinidade que é estabelecida a dosagem dos produtos químicos utilizados nesse processo (FUNASA 2006). Numa água, a alcalinidade raramente excede a 400 ou 500 mg/l de CaCO₃.

Conforme a Figura 21, todas as amostras analisadas mostraram valores para alcalinidade, porém destacam-se as amostras 1 (16,70 mg/L), 3 (26,70 mg/L) e 10 (11,60 mg/L), ficando uma média de 8,69 mg/L. No geral, as amostras tem uma alta alcalinidade, que apesar de não apresentar potenciais riscos à saúde pública, pode provocar variação no paladar e pode ser indicativo da presença de esgotos e efluentes nas proximidades, pois os mesmos usualmente possuem alcalinidade alta devido a presença de silicatos e fosfatos (Rodrigues 2019).

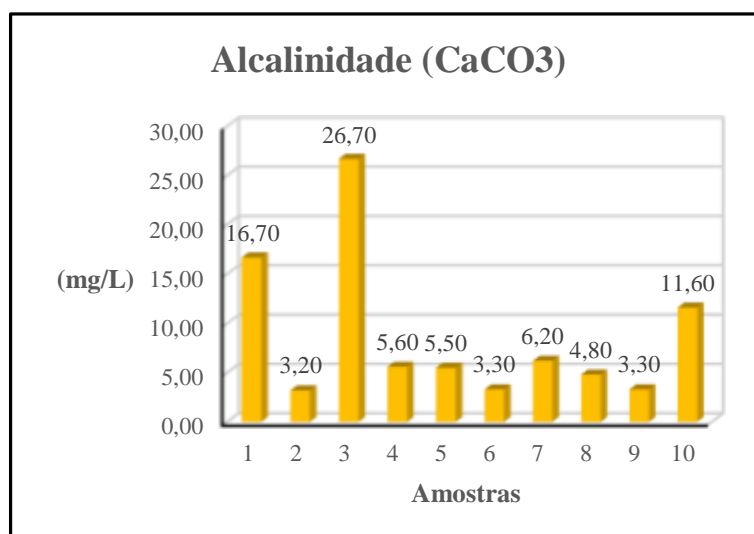


Figura 21- Valores obtidos para alcalinidade.

9.3.6 Sólidos Totais Dissolvidos – STD (mg/L)

Para a área de estudo os valores obtidos de STD variam entre 16,30 a 86 mg/L com média de 51,08 mg/L. Em relação ao abastecimento público de água, a portaria n° 36 do Ministério da Saúde estabelece como padrão de potabilidade 1.000 mg/L de sólidos totais dissolvidos e a Resolução CONAMA n° 20, o valor máximo é de 500 mg/L.

Todas as análises realizadas para a área de estudo são inferiores a esses limites de potabilidade, não existe restrição ao consumo humano dessas águas relacionados a esse parâmetro. No entanto, vale ressaltar que da amostra 01 a 06 apresentam valores altos de STD, correlatos com os valores de Condutividade Elétrica nessas mesmas amostras mas, ainda assim, estão dentro dos padrões de potabilidade.

Assim como a condutividade elétrica percebe-se na Figura 22, que há um aumento de Sólidos Totais Dissolvidos para sudoeste. É marcante, também, a congruência mostrada nos dois mapas de isovalores para alcalinidade e para STD, mostrando que esses dois parâmetros comportam-se de forma semelhante na área estudada.

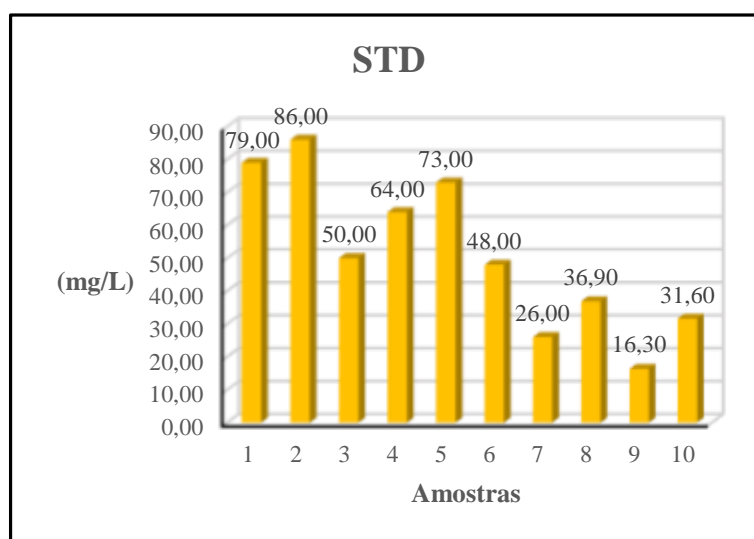


Figura 22- Valores de STD nas amostras 1 a 10.

9.3.7 Ferro (mg/L)

Pode ter sua origem através da dissolução de compostos de solo ou despejos industriais, causa coloração avermelhada a água que podem manchar roupas e outros produtos industrializados, além de conferir sabor metálico a água, as águas ferruginosas favorecem a proliferação das ferrobactérias responsáveis por corrosão e causam ainda, maus odores, coloração a água além de obstruírem tubulações (Portal Tratamento de Água 2015). O valor máximo apropriado para o consumo humano é de 2,0 mg/l .

Da mesma forma que a cor, a presença de ferro nas águas podem apresentar problemas que vão desde o aparecimento de depósitos e crostas de óxidos de ferro III (Fe_2O_3) e interferência em processos industriais.

De acordo com o gráfico de ferro, Figura 23, na área de estudo nota-se que os valores são baixos, com exceção das amostras 3 e 4 que os valores são respectivamente 1,62 mg/L e 1,31 mg/L indicando uma presença maior de ferro nessas amostras. Teores de ferro nessa ordem tendem a reduzir a aceitação da água pela população (Rodrigues 2019).

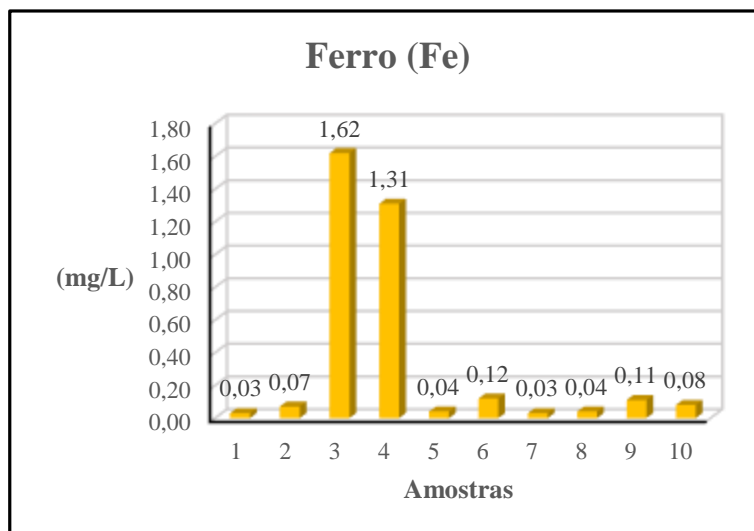


Figura 23- Valores obtidos para sólidos para ferro. Fonte: (Rodrigues 2019).

9.3.8 PH (mg/L)

O pH é a medida da concentração de íons H^+ na água e representa o equilíbrio entre íons H^+ e íons OH^- . O balanço entre esses íons determinam se a água é ácida ou básica. A medida de pH varia de 7 a 14 e a água é considerada ácida se (pH inferior a 7), neutra (pH igual a 7) ou alcalina (pH maior do que 7).

O pH da água depende de sua origem e características naturais, mas pode ser alterado pela introdução de resíduos (Portal Tratamento de Água 2015). De acordo com Von Sperling (1996), o teor de pH pode ser de origem natural através da dissolução de rochas, absorção de gases da atmosfera, oxidação da matéria orgânica e fotossíntese, ou pode ser originado através da ação humana, por meio de despejos domésticos (oxidação da matéria orgânica) e despejos industriais (por exemplo, a lavagem ácida de tanques).

Águas com pH baixo são consideradas corrosivas e águas com pH elevado tendem a formar incrustações nas tubulações, no entanto, a vida aquática depende do pH (Portal Tratamento de Água 2015).

O pH é padrão de potabilidade, recomendando-se que as águas para abastecimento público apresentem valores entre 6,0 e 9,5, de acordo com a Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde. Já a Organização Mundial de Saúde (OMS) estabelece a faixa de 6,5 – 8,5. Na área de estudo foi identificado que apenas um dos pontos de coleta está nos padrões de potabilidade, que é a amostra 3. Conforme a Figura 24, as demais amostras apresentam pH que varia de 4,51 a 5,90, com uma média de 5,14. Estando o ponto 10 com valor de 5,90 bem próximo ao padrão aceitável de potabilidade.

Segundo Almeida (2005), águas ácidas são prejudiciais à saúde da população, pois acarretam geralmente problemas de origem gastro-intestinais e doenças associadas, além de também associar a utilização das águas ácidas ao ataque dos metais podendo ocasionar a corrosão nos tubos de revestimentos, filtros, bombas, etc. Porém, apesar de os valores de pH estarem com valores bem abaixo dos recomendados, para essas águas isso não deve ser considerado uma restrição, pois a maioria das águas amazônicas apresentam características semelhantes de águas ácidas (Matta 2002).

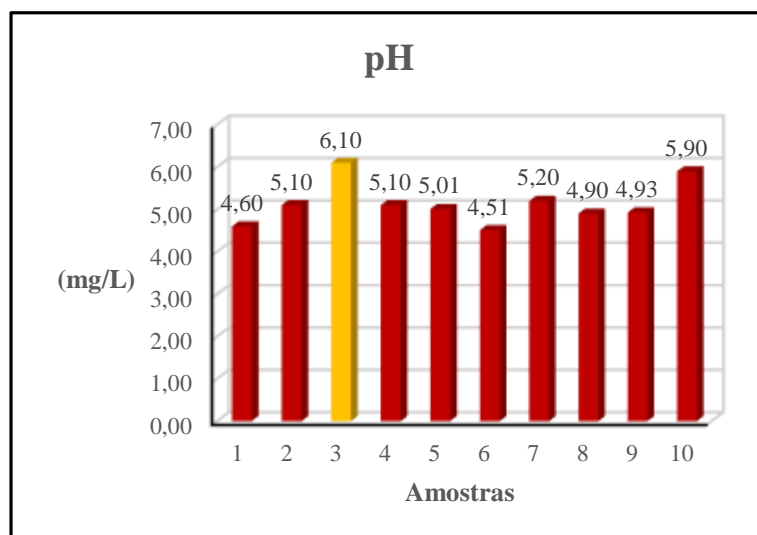


Figura 24- Valores obtidos para o pH. Fonte: (Rodrigues 2019).

De acordo com mapa de isovalores do pH na área de estudo, Figura 25, nota-se um aumento dos valores de pH para noroeste e nordeste. Para noroeste parece sofrer influências da Bacia do Capim e para nordeste o pH alto do sistema Barreiras parece ser influenciado pelas águas da Baía do Marajó.

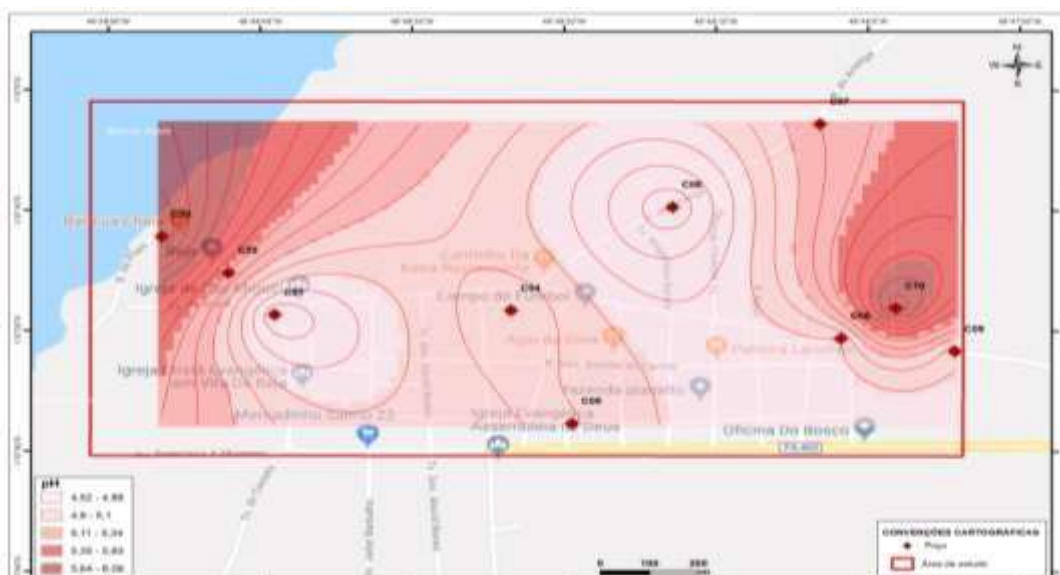


Figura 25- Mapa de: Isovalores do pH. Fonte:(Rodrigues 2019).

9.3.9 Acidez (mg/L)

“Acidez de uma água pode ser definida como sua capacidade de reagir quantitativamente com uma base forte até um valor definido de pH, devido à presença de ácidos fortes (ácidos minerais: clorídrico, sulfúrico, nítrico, etc.), ácidos fracos (orgânicos: ácido acético, por exemplo, e inorgânicos: ácido carbônico, por exemplo) e sais que apresentam caráter ácido (sulfato de alumínio, cloreto férrico, cloreto de amônio, por exemplo)” (Piveli 2019).

Os ácidos minerais surgem em águas naturais principalmente através de descargas de efluentes industriais não neutralizados. Em águas naturais, a acidez mineral pode ser formada através da oxidação de sulfetos. A grande importância no controle da acidez das águas reside nos estudos de corrosão, que pode ser provocada tanto pelo gás carbônico (presente em águas naturais) como pelos ácidos minerais (presentes em efluentes industriais). O parâmetro “acidez”, Figura 26, não se constitui, apesar de sua importância, em qualquer tipo de padrão, seja de potabilidade, de classificação das águas naturais ou de emissão de esgotos; o efeito da acidez é controlado legalmente pelo valor do pH (Piveli 2019).

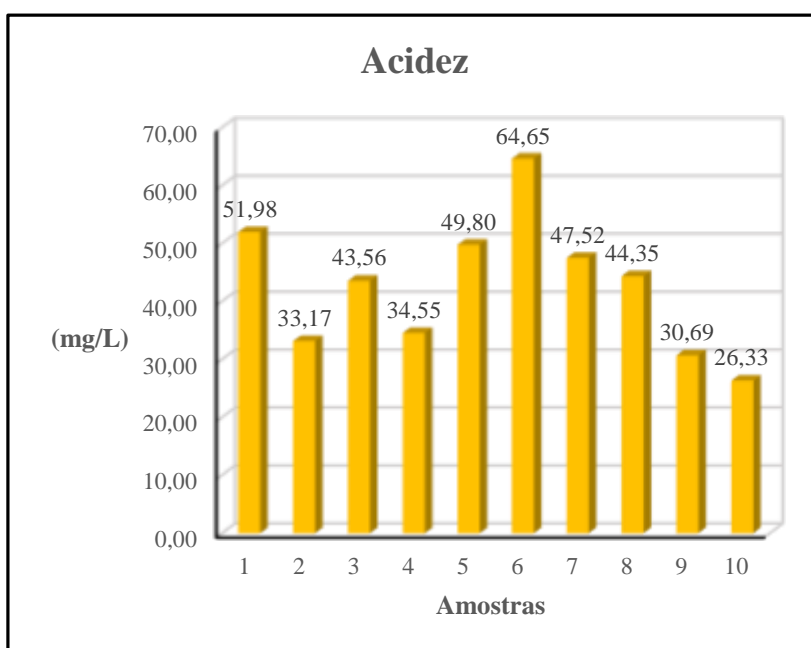


Figura 26- Valores obtidos para acidez. Fonte: (Rodrigues 2019).

9.3.10 Dureza da Água - Ca+Mg (mg/L)

A dureza é a concentração de cátions íons metálicos em solução e a dureza total é calculada como sendo a soma das concentrações de íons de cálcio e magnésio na água,

expressos com carbonato de cálcio, exemplificando as rochas calcárias e despejos industriais (FUNASA 2006). De acordo com Piratoba *et al.* (2017) este parâmetro é influenciado pela geologia da bacia de drenagem e por atividades antrópicas. Em teores elevados a dureza pode causar sabor desagradável e efeitos laxativos, reduz a formação da espuma do sabão, aumentando o consumo, provoca incrustações nas tubulações e caldeiras.

A portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde estabelece para dureza o teor de 500 mg/L em termos de CaCO₃ como o valor máximo permitido para água potável. Tendo esse valor como referência pode-se dizer que as amostras coletadas na área de estudo estão dentro do padrão de potabilidade aceitável, tendo em vista os valores máximos e mínimos para dureza, Figura 27, são respectivamente 37,74 e 17,34, com uma média de 27,31 mg/L. Para a classificação das águas em termos de Dureza em CaCO₃ as águas analisadas apresentam valores inferiores a 50 mg/L, e por esta razão, podem ser chamadas de águas moles (Rodrigues 2019).

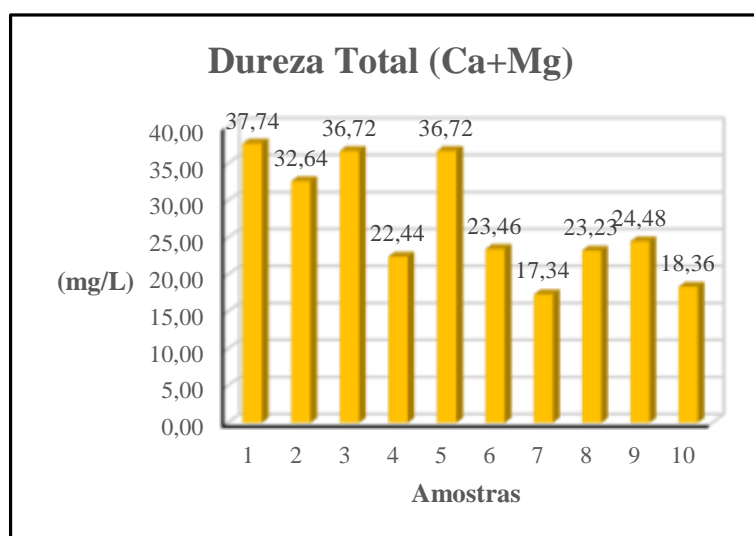


Figura 27- Valores obtidos para dureza total. Fonte: (Rodrigues 2019).

9.3.11 Nitrato - NO₃ (mg/L)

O íon nitrato (NO₃) é o contaminante inorgânico de maior preocupação em águas subterrâneas, ocorrem normalmente em aquíferos de zonas rurais e suburbanas (Silva & Brotto 2014).

Este parâmetro é considerado, nos dias atuais, um dos parâmetros de maior importância no estudo da contaminação dos sistemas aquíferos. Em águas subterrâneas o nitrato pode ter origem principalmente através de quatro fontes potenciais como a aplicação de fertilizantes com nitrogênio, bem como inorgânicos e de esterco animal, em plantações; cultivo do solo; esgoto humano depositado em sistemas sépticos e deposição atmosférica (Baird & Cann 2011).

Segundo dados do último censo do IBGE (2010) apenas 16,5% da população do município de Abaetetuba possui esgotamento sanitário adequado, os outros 83,5% não possui qualquer sistema de saneamento que, na prática, se traduz na deposição inadequada dos efluentes líquidos, muitas vezes diretamente no aquífero (fossas negras escavadas até o nível freático).

O excesso de nitrato em água potável é extremamente preocupante, tendo em vista que pode causar em recém-nascidos a síndrome do bebê azul e, em adultos, de acordo com pesquisas pode causar câncer de estômago, e aumentar a probabilidade de câncer de mama em mulheres (Baird & Cann 2011). Para a OMS e para o Ministério da Saúde (Portaria Nº 518/2004), o valor máximo aceitável de Nitrato para consumo humano é 10 mg/L (correspondente a 45 mg/l, calculado como NO₃⁻).

Os valores de NO₃⁻ na maioria das amostras não ultrapassaram 7,80 mg/L, sendo este o maior valor da amostra de água do poço 2, que está abaixo do limite máximo aceitável mas, mesmo, assim merece atenção pelo caráter acumulativo da substância e sua alta mobilidade no aquífero. Além da amostra 2 a qual apresenta um comportamento anômalo, o restante das amostras, 90% contêm teores de nitrato abaixo de 5mg/L.

De acordo com o mapa de isovalores do nitrato, Figura 28, verifica-se um aumento de valores das isolinhas no sentido sudoeste. Este sentido segue o mesmo padrão dos mapas de isovalores do pH, condutividade, STD, amônia e cloreto indicando que há uma provável fonte de contaminação na porção sudoeste de Abaetetuba.

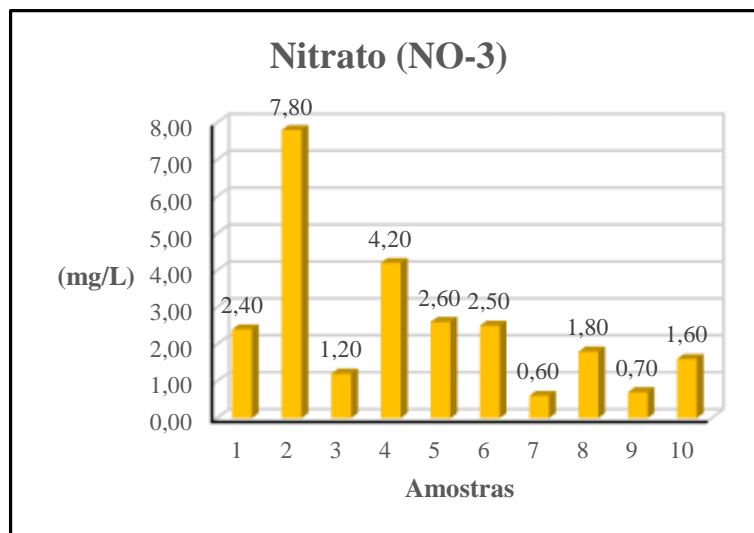


Figura 28- Valores obtidos para nitrato. Fonte: (Rodrigues 2019).

9.3.12 Nitrito - NO-2 (mg/L)

O nitrito é decorrente da oxidação do nitrogênio no meio aquático, o que ocorre dentro do ciclo do nitrogênio na biosfera. Segundo Von Sperling (2014) a origem do nitrogênio pode ser natural, proveniente de proteínas e de outros compostos biológicos presentes na composição celular de microrganismos e de origem antrópica como dejetos domésticos e industriais, fezes de animais e fertilizantes.

De acordo Resolução CONAMA nº 396 de 2008, que dispõe sobre a classificação e diretrizes para o enquadramento de águas subterrâneas, o nitrito é indicado como um dos parâmetros de maior probabilidade de ocorrência em águas subterrâneas, sendo a máxima concentração permitida para nitrito para esta resolução de 1 mg L⁻¹ para água destinada ao consumo humano (Brasil 2008 apud Cardoso *et al.* 2017).

O Ministério da Saúde com a Portaria nº 2914 de 2011, dispõe sobre os procedimentos de controle de vigilância e do padrão da qualidade da água para consumo humano, o valor máximo permitido de nitrito é de 1 mg L⁻¹ (Brasil 2008 apud Cardoso *et al.*

2017).

Para área de estudo todos os poços analisados se encontram dentro dos padrões de potabilidade, com uma média de 0.0077 mg/L, Figura 29.

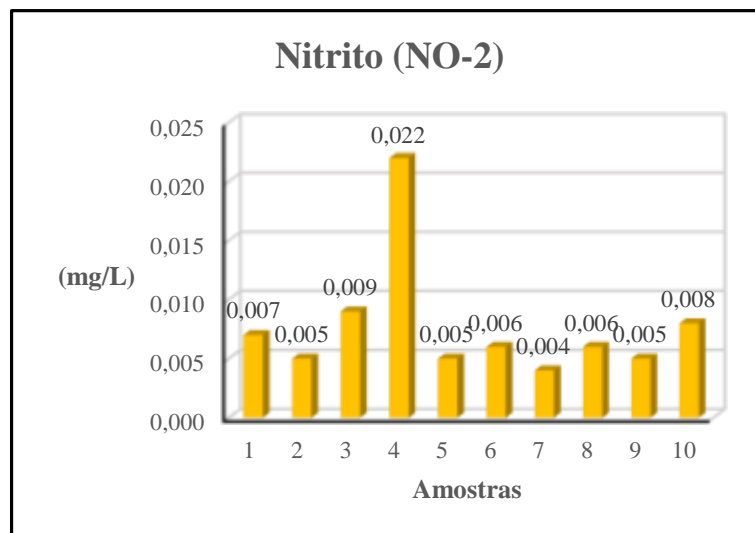


Figura 29- Valores obtidos para nitrito. Fonte: (Rodrigues 2019).

9.3.13 Sulfato – SO₄ (mg/L)

O sulfato (SO₄-2) é um dos íons mais abundante na natureza que nas águas subterrâneas pode ter origem através de solos e rochas como o gesso (CaSO₄) e o sulfato de magnésio (MgSO₄) e pela oxidação de sulfeto (exemplo: pirita, sulfeto de ferro). Nas águas superficiais pode originar-se através das descargas de esgotos domésticos, através da degradação de proteínas, por exemplo, e por efluentes industriais de celulose e papel, química, farmacêutica, dentre outras por exemplo.

O Sulfato é um parâmetro que deve ser controlado pois provoca efeitos laxativos quando em grandes concentrações, sendo o padrão de potabilidade estabelecido pela Portaria 518 do Ministério da Saúde de 250 mg/L o excedente a esse limite pode acarretar problemas a saúde e problemas na indústria, pois o sulfato pode provocar incrustações em caldeiras e trocadores de calor.

Para área de estudo, Figura 30, os valores de sulfato estão dentro dos limites de potabilidade estabelecidos pelo Ministério da Saúde, tratam-se de valores bem baixos, em apenas 3 (três) amostras apresentaram este elemento, porém ainda com valores baixos (amostras 3 e 4), com destaque para amostra 10 com valor um tanto mais expressivo se comparado com as características dos demais poços analisados(Rodrigues 2019).

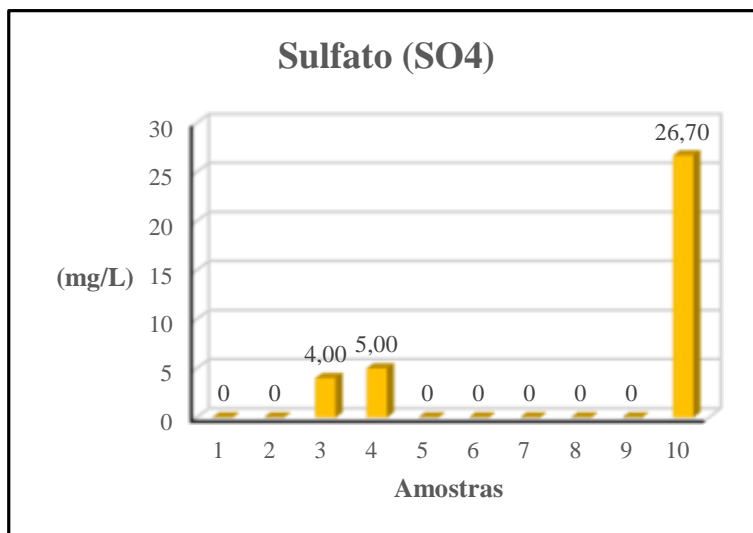


Figura 30- Valores obtidos para sulfato. Fonte: (Rodrigues 2019).

9.3.14 Amônia - NH_4^+ (mg/L)

A amônia é um íon que está presente naturalmente nos corpos d'água e está associado a processos de degradação de compostos orgânicos e inorgânicos do solo e da água, ou seja, da matéria orgânica dissolvida ou particulada, como resultado da excreção da biota, redução do nitrogênio gasoso da água por micro-organismos ou por trocas gasosas com a atmosfera (Reis & Mendonça 2009).

Segundo Reis & Mendonça (2009) “a amônia é, também, constituinte comum no esgoto sanitário, resultado direto de descargas de efluentes domésticos e industriais, da hidrólise da ureia e da degradação biológica de aminoácidos e outros compostos orgânicos nitrogenados.”

Para a portaria No 518/2004 do ministério da saúde o limite máximo de amônia permitido é de 1,5 mg/L, estando dessa forma todas as amostras dentro dos limites de potabilidade na área de estudo.

Como mostrado na Figura 31, na maioria das amostras analisadas não houve a presença de amônia, apenas nas amostras 2, 3 e 4 os valores variaram em 0,23; 0,04 e 0,15 mg/L, respectivamente. Estando estas amostras no mesmo limiar dos demais parâmetros analisados como pH, turbidez, nitrato, nitrito e condutividade que apresentaram também valores expressivos para essas amostras.

Para as amostras 2 e 4, apesar de estarem no limite de potabilidade, estas águas pode causar danos à saúde, pois de acordo com Custodio & Llamas (1976) valores superiores a 0,06 mg/L nas águas subterrâneas, são indicativos de contaminação dada por esgotos domésticos, fossas, lixos, fertilizantes agrícolas ou dejetos industriais. Dessa forma, as águas dos poços 2 e 4 estariam contaminadas.

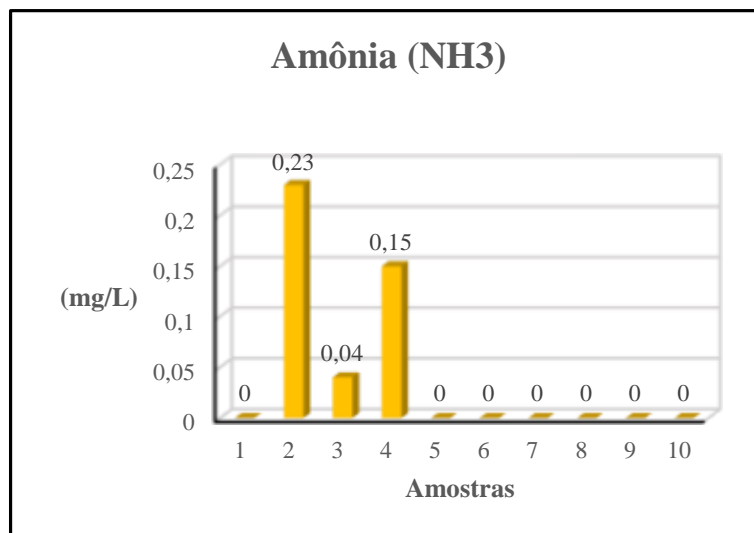


Figura 31- Valores obtidos para amônia. Fonte: (Rodrigues 2019).

9.3.15 Cloreto - Cl (mg/L)

Os cloretos, geralmente, provêm da dissolução de minerais ou da intrusão de águas do mar mas podem, também, advir dos esgotos domésticos ou industriais.

Geralmente provêm da dissolução de minerais ou da intrusão da água do mar, bem como podem advir de esgotos domésticos ou industriais (Portal Tratamento de Água 2008). Estão presentes em águas brutas e tratadas em concentrações que podem variar de pequenos traços a centenas de mg/L, além de estar presente na forma de cloretos de sódio, cálcio e magnésio (FUNASA 2006).

Segundo Manual análise de água, “concentrações altas de cloretos podem restringir o uso da água em razão do efeito laxativo que eles podem provocar. Trata-se de um parâmetro padrão de potabilidade, pois além do efeito laxativo, provoca sabor nas águas e podem corroer estruturas de metal, incrustações em tubos de revestimento de poços tubulares, aumento da dureza das águas, além de ações negativas no metabolismo do organismo (Matta 2002).

O valor máximo de cloreto obtido para a área de estudo é 12,66 mg/L e o mínimo de 3,51 mg/L com média de 7,68 mg/L.

De acordo com a portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde o valor máximo permitido para água potável é o teor de 250 mg/L de cloreto. Dessa forma, todas as amostras ficaram dentro do padrão do teor de cloreto mínimo recomendado pela portaria nº 518/2004, não havendo nenhuma restrição ao consumo humano dessas águas em relação a esse parâmetro analisado para a área de estudo (Rodrigues 2019).

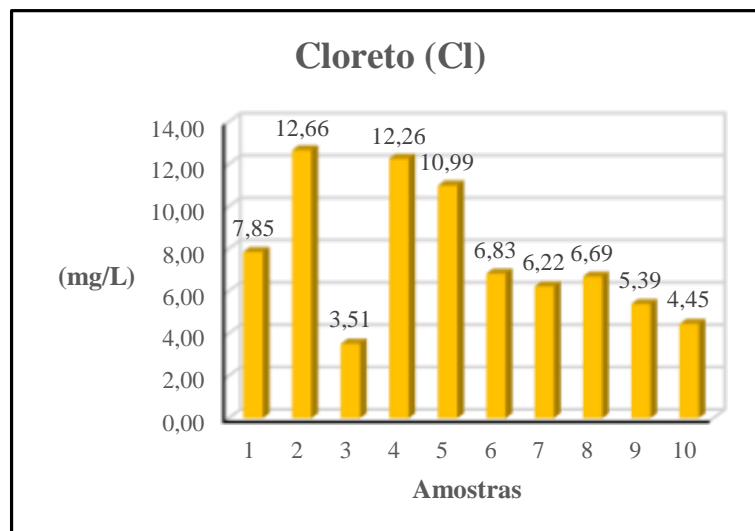


Figura 32- Valores obtidos para o cloreto. Fonte: (Rodrigues 2019).

Assim como o mapa de isotores do pH, condutividade, STD, amônia e nitrato, o mapa de isotores de cloreto, Figura 32, está com valores altos na porção sudoeste, no entanto as águas analisadas desses poços ainda estão dentro dos padrões de potabilidade para este parâmetro. A maior concentração deste elemento no sentido sudoeste pode ser indicativo de influência da Bacia do Capim nas águas dessa região.

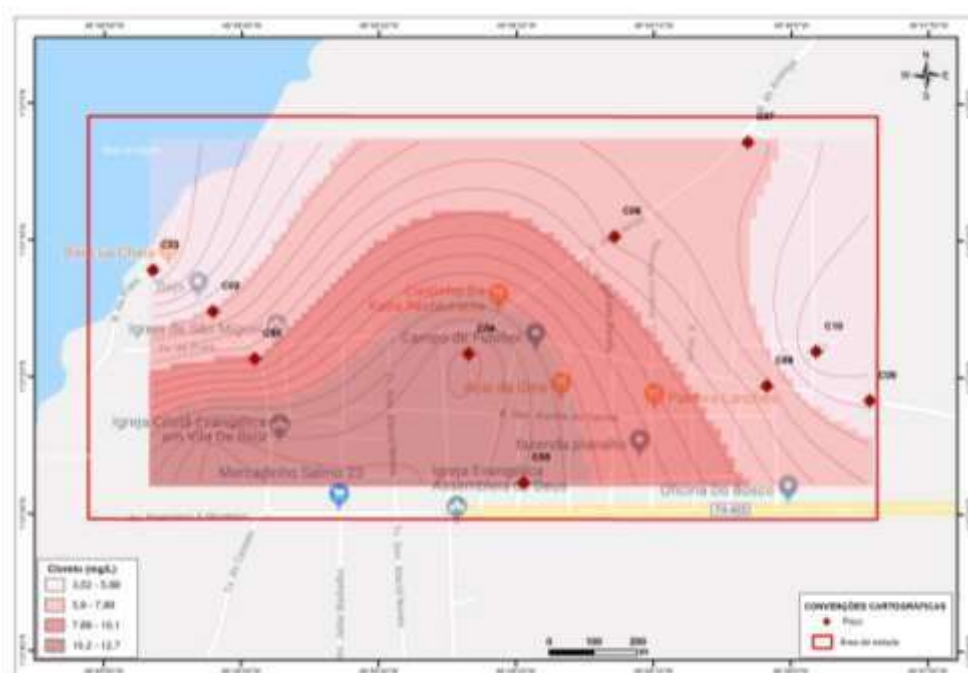


Figura 33- Mapa de isovalores do cloreto. Fonte: (Rodrigues 2019).

10 RESERVAS HÍDRICAS SUBTERRÂNEAS

Um dos fundamentos mais importante para a se elaborar uma proposta de abastecimento de água potável para uma determinada área é a avaliação de suas reservas hídricas subterrâneas, visto que essas reservas constituem as quantidades de água existentes nos sistemas aquíferos que podem ser utilizados para abastecimento urbano.

Segundo Matta (2002), essa é uma abordagem complexa. Em parte, pela controvérsia inerente às classificações dos tipos de reservas e suas diferentes nomenclaturas. Outra pela diversidade de parâmetros que influenciam no cálculo das diferentes reservas: precipitação pluviométrica, área de ocorrência da recarga do aquífero, tipo de aquífero, características dimensionais e hidrodinâmicas do meio e qualidade das águas produzidas.

Entretanto, pode-se dizer que o cálculo das reservas hídricas subterrâneas deve contemplar o uso integrado desses recursos e sua associação com a ocupação do meio físico, tornando o desenvolvimento sustentável, uma peça fundamental para o desenvolvimento de qualquer espaço físico.

Antes de se realizar qualquer cálculo para essas reservas, é necessário que se conheça suas terminologias. Os termos são encontrados em diversas bibliografias e são responsáveis por um embasamento integrado que facilitará o entendimento dos valores aqui calculados.

As principais terminologias, segundo Matta (2002), são as seguintes:

a) Reservas Reguladoras :o termo refere-se a quantidade de água submetida a pressão atmosférica armazenada pelo aquífero, relacionada a uma recarga sazonal. É o volume de água dos aquíferos possível de variação sazonal no ciclo hidrogeológico, entre os níveis de flutuação máximos e mínimos, sendo também denominada de Reservas Renováveis;

b) Reservas Permanentes: Referem-se às quantidades de água existentes no aquífero que não variam em função das variações sazonais. Trata-se da água permanentemente presente no aquífero localizando-se na zona saturada, abaixo do nível mínimo de oscilação da superfície da água no aquífero livre.

c) Reservas Totais: é o conjunto formado pelas reservas permanente e reguladora. Representa a totalidade de água presente no aquífero.

d) Reservas de Exploração: refere-se à quantidade máxima de água que pode ser retirada de um aquífero sem causar qualquer prejuízo ao manancial. Constituem as reservas de exploração as reservas reguladoras e uma parte das reservas permanentes. O termo Recurso Explotável tem sido também utilizado.

e) Potencialidade: refere-se ao volume de água utilizável anualmente. Pode incluir uma parcela das reservas permanentes, desde que explorada durante um determinado período de tempo, com descarga constante;

f) Disponibilidade: refere-se ao volume de água que pode ser extraído de um aquífero, sem que se corra o risco da exaustão do sistema aquífero.

O estudo das reservas hídricas subterrâneas é muito importante, em função da ligação direta entre o planejamento urbano, a gestão dos recursos hídricos e a conservação do meio ambiente.

Este estudo possibilita a elaboração de uma proposta de abastecimento dentro de moldes confiáveis em função da quantificação das reservas de água disponíveis para utilização de forma sustentável, (Matta 2002).

Portanto, o principal objetivo do conhecimento de reservas aquíferas, de qualquer região é a utilização dos resultados como ferramentas importantes para o gerenciamento da água como um recurso hídrico.

Entre os diversos termos descritos anteriormente, sabe-se que os dois tipos de reservas mais utilizadas para as análises integradas dos recursos hídricos subterrâneos são as Reservas Renováveis (ou reguladoras) e as Reservas Permanentes. Por este motivo, essas duas reservas são calculadas para região de Barcarena/Abaetetuba, além das Reservas Totais e os Recursos Explotáveis, (Matta 2002).

10.1 RESERVAS RENOVÁVEIS (R_r)

Representam o volume hídrico armazenado entre os níveis de flutuação máximo e mínimo dos aquíferos. Está intimamente ligado ao ciclo hidrológico numa escala de tempo sazonal.

As reservas renováveis podem ser calculadas de várias maneiras. Para área de estudo, o cálculo que mais se adapta aos dados disponíveis sobre a região é:

- Cálculo através de método volumétrico, tomando-se por base a variação dos níveis de água nos aquíferos livres. É utilizada a expressão:

$R_r = A \cdot \Delta h \cdot e$, onde:

A = área de ocorrência do aquífero (L^2);

Δh = variação do nível d'água (L); e =

porosidade efetiva (adimensional)

Essa metodologia amostrou-se mais adequada para as características físicas dos sistemas aquíferos da área estudada e será utilizado a seguir. Em função das condições existentes, será aplicado somente para os sistemas aquíferos Barreiras, Pós-Barreiras e Aluviões.

Estas unidades aquíferas serão aqui tratadas em conjunto, como aquífero superior, em função das semelhanças de comportamento que possuem.

Para a avaliação do valor médio da variação do nível d'água (Δh), como não foi possível o monitoramento desse parâmetro na área estudada, utilizou-se, para efeito de cálculo, a variação apresentada por (Matta 2002).

Este autor observou a variação para área de Belém e Ananindeua, utilizando-se de quatro poços de monitoramento que tiveram seus níveis de água medidos durante um período de tempo que variou entre 6 a 9 meses do ciclo hidrológico.

Devido à proximidade entre as duas áreas, às semelhanças entre as características climáticas e de geometria das camadas aquíferas mais superiores, e em virtude da falta de dados para área de estudo, aderiu-se a informações deste autor.

A média de variação no nível dos quatro poços foi de 1,8 m, que será o valor a ser utilizado no cálculo da reserva renovável da área de estudo.

No caso da porosidade efetiva, Fetter (1980) apresenta estimativa relativa aos clásticos, com as areias finas mostrando valores de 10 a 28% e as areias médias entre 15 e 32%.

Segundo Matta (2002), os valores de porosidades efetivas médias reconhecidos na literatura para areias e cascalhos aluviais são em torno de 15%.

Como os sedimentos arenosos deste sistema aquífero são impuros, mostrando em análises sedimentológicas, cerca de 15% de argilas, decidiu-se diminuir para 10% o valor da porosidade efetiva utilizada para o cálculo das reservas.

A área de ocorrência do aquífero foi considerada a própria área de estudo mostrada no mapa da figura 15 sendo igual a 1240 km².

Assim, utilizando $R_r = A \cdot \Delta h \cdot \alpha_e$, onde $A = 1240 \text{ km}^2$, $\Delta h = 1,8\text{m}$ e $\alpha_e = 10\%$, obtém-se para as reservas renováveis um volume de 223,2 milhões de m³/ano.

10.2 RESERVAS PERMANENTES

As reservas permanentes se referem à quantidade de água presente no aquífero abaixo do nível de flutuação sazonal, ou seja, não sofre com recarga/descarga de aquíferos, portanto a diferença mais significativa entre a reserva permanente e a renovável é que ela dá uma ideia do volume de água permanentemente armazenado no aquífero e a renovável mostra seus volumes de recarga/descarga de acordo com as variações sazonais.

Para a realização do cálculo das reservas permanentes para a região estudada por Matta, 2002, o Sistema Pirabas foi considerado um aquífero confinado e o conjunto Barreiras – Pós-Barreiras – Aluviões foi considerado como aquífero livre, este estudo considerará essa metodologia.

10.2.1 Sistema Barreiras – Pós-Barreiras – Aluviões

Calculou-se o Volume de Saturação (VS) utilizando-se o método volumétrico através da fórmula:

VS = A. b. $\square e$, onde:

A = Área de ocorrência do sistema aquífero (L²) **b**

= espessura média saturada (L)

$\square e$ = porosidade efetiva (adimensional)

A área de ocorrência do sistema aquífero (**A**) será a mesma considerada anteriormente (1240 km²).

Foi feita uma somatória das espessuras das camadas arenosas para cada poço cadastrado e obteve-se uma média de espessura de 30,8 m (**b**). Isso foi feito em virtude desses sistemas aquíferos mostrarem variações significativas nas espessuras de suas camadas arenosas (Figs. 8.0 a 8.4).

Considerou-se o mesmo valor de porosidade efetiva $\square e$ utilizado no cálculo das reservas renováveis (10%).

Uma vez conhecendo todos os elementos da fórmula, pode-se efetuar o cálculo de reservas permanentes:

Vs = A. b. $\square e$, onde **A**= 1240 km²; **b** = 30,8; $\square e$ = 10%, obtém-se para o volume de

saturação o valor de 3,8 bilhões de m³.

Segundo Matta, 2002, este volume de saturação corresponde ao volume de água que satura o meio poroso depois de retirada toda a água armazenada sob pressão, eliminando-se, também, o volume retido entre os grãos por força de adsorção.

10.2.2 Sistema Aquífero Pirabas

No caso do Sistema aquífero Pirabas, aquífero saturado, necessita-se do volume de saturação para somar com o volume armazenado sob pressão (**VP**). Este último é calculado através da fórmula:

VP = A. h. S, onde:

A = área de confinamento do aquífero (L2) **h**
= carga hidráulica média (L)

S = coeficiente de armazenamento (adimensional)

Para o Sistema Pirabas, utilizou-se a área de ocorrência de 1240 km², a carga hidráulica e o coeficiente de armazenamento de 280m e 1,01 x 10⁻⁴, respectivamente (PEHRMB 2001).

Uma vez conhecendo todos os elementos da fórmula, pode-se efetuar o cálculo de reservas permanentes para o volume sob pressão do sistema aquífero Pirabas:

VP = A. h. S, onde **A**= 1240 km²; **h** = 280m; **S** = 1,01 x 10⁻⁴, obtém-se para o volume sob pressão o valor de 35,1 milhões de m³.

O volume de saturação foi calculado, para o Sistema Pirabas, utilizando-se:

Vs = A. b. e, onde **A**= 1240 km²; **b** = 220m (PEHRMB 2001); **e** = 8 %, obtém-se para o volume de saturação o valor de 21,83 bilhões de m³.

O valor de 8% para a porosidade efetiva foi aqui utilizado seguindo modelo de Matta (2002), uma vez que não existem estimativas disponíveis para a porosidade efetiva do Sistema aquífero Pirabas.

Segundo Matta (2002), o valor de 8% estaria relacionado às características litológicas da unidade Pirabas, sua espessura dentro do contexto integrado dos sistemas aquíferos da

área e sua profundidade em relação às outras unidades. Este valor representa uma redução de 20% em relação ao valor utilizado para o Sistema Aquífero Barreiras.

As reservas permanentes do sistema Pirabas são obtidas pela soma:

$$VS + VP = 35,1 \text{ milhões de m}^3 + 21,83 \text{ bilhões de m}^3 = 21,86 \text{ bilhões de m}^3.$$

As reservas permanentes dos sistemas aquíferos da área totalizam 25,66 bilhões de m³, valor obtido pela soma das reservas do sistema livre (3,8 bilhões de m³) com o sistema confinado (21,86 bilhões de m³). O coeficiente de realimentação constitui a relação entre a reserva reguladora e a reserva permanente. No caso estudado esse valor é de 0,06 ou 6%. O resultado mostra o quanto à reserva permanente é superior à reserva reguladora que, por sua vez, representa a realimentação dos sistemas aquíferos da área.

10.3 RESERVAS TOTAIS

Com base nos resultados obtidos para os cálculos das Reservas Permanentes e Renováveis de um sistema aquífero, podem-se obter suas Reservas Totais. Para a área estudada, as reservas totais são 25,66 bilhões de m³ + 223,2 milhões de m³ = 25, 88 bilhões de m³. A Tabela 4 mostra o resumo dos valores obtidos para as reservas hídricas subterrâneas da área estudada.

10.4 RESERVAS EXPLOTÁVEIS

As reservas exploráveis constituem a porção das reservas subterrâneas totais que pode ser utilizada, em função de condições técnicas, viabilidade econômica e respeitabilidades ambientais. As técnicas de construção de poços e de bombeamento vão influenciar sobremaneira a avaliação das reservas exploráveis. Portanto, torna-se difícil uma avaliação precisa das mesmas, uma vez que as modificações técnicas que são introduzidas no mercado evoluem constantemente.

As próprias reservas reguladoras podem ser substancialmente aumentadas com os incrementos de exploração. As reservas exploráveis estão, também, atreladas às políticas socioeconômicas de desenvolvimento colocadas em prática pelo poder público em questão.

Cavalcante (1998) define recursos exploráveis como “aqueles que estão disponíveis sem que haja comprometimento do aquífero nem do meio ambiente” e faz uma associação com as disponibilidades hídricas do sistema aquífero. Na área estudada, devido à magnitude

da reserva total subterrânea, é razoável que se considere a reserva explorável como dependente apenas das condições técnicas e econômicas.

Tabela 4- Reservas Hídricas Subterrâneas dos Sistemas Hidrogeológicos.

Reservas	Sistema Barreiras– PósBarreiras– Aluviões	Sistema Pirabas	Dois Sistemas
Renováveis	223,2 milhões de <i>m³/ano.</i>		
Permanentes	3,8 bilhões de m³	21,86 bilhões de m³	25,66 bilhões de m³
TOTAIS	4,02 bilhões de m³	21,86 bilhões de m³	25,88 bilhões de m³

Fonte: (Almeida 2005).

Em função das características socioeconômicas da área de Barcarena e Abaetetuba, pode-se afirmar que a demanda hídrica está muito aquém do potencial de recurso explorável, mesmo considerando qualquer expectativa de crescimento populacional e de desenvolvimento econômico e social nesta área. Somente a reserva reguladora, nas condições naturais atuais, se fosse totalmente captada, seria suficiente para abastecer toda a população atual de Barcarena e Abaetetuba.

10.5 DISPONIBILIDADE HÍDRICA EFETIVA

Esse parâmetro retrata o volume de água subterrânea normalmente captado através dos poços instalados na área em questão. Para a estimativa da disponibilidade efetiva, realizou-se três campanhas de campo e foram utilizados, também, dados da literatura disponíveis para as áreas de Barcarena e Abaetetuba.

Existem cerca de 500 poços rasos (profundidades inferiores a 50 m), que retiram uma vazão média de cerca de 3 m³/h. Existem 14 poços profundos (profundidades superiores a 100m) cadastrados na área, com uma vazão média de 180 m³/h e cerca de 30 poços intermediários (profundidades entre 50 e 100m), que retiram uma vazão média de 1,5 m³/h.

Adotando-se uma taxa média de bombeamento de 6 horas/dia, a disponibilidade efetiva calculada para o conjunto de poços acima é de 8,9 milhões de m³/ano. Este valor representa 0,04% das reservas renováveis dos sistemas aquíferos da área e cerca de 3×10^{-4} % das reservas permanentes. Quando se considera uma demanda de 150 litros/hab/dia, a disponibilidade efetiva calculada permite abastecer cerca de 59.333 habitantes.

11.0 PROPOSTA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA PARA O MUNICÍPIO DE ABATETUBA-PA

A elaboração da proposta de abastecimento de água alternativo para os município de Abaetetuba levou em consideração todas as características dos sistemas aquíferos, a análise da qualidade das águas produzidas e as condições socioeconômicas descritas neste trabalho.

Estudos anteriores de Almeida (2005), produziram um projeto de abastecimento para as cidades vizinhas de Barcarena-Pa e Abaetetuba-Pa, com base nas características geológicas e hidrogeológicas dos sistemas aquíferos existentes na área de estudo utilizando os mananciais subterrâneos, com o objetivo de suprir as necessidades da população envolvida.

A proposta que será detalhada a seguir, porém, tomará como referência o método do Projeto Estudos Hidrogeológicos da Região Metropolitana de Belém e Adjacências, executado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM (PEHRMB 2002) e modificações introduzidas por (Almeida 2005).

O objetivo principal da proposta é o abastecimento público para todo o município de Abaetetuba atingindo as zonas urbanas e das ilhas para a população estimada da cidade em 2020 de 159.080 habitantes, no entanto, o mesmo procedimento pode ser utilizado para fins comerciais. Para tanto, levou-se em consideração dois aspectos principais: o ambiente hidrogeológico, as reservas hídricas subterrâneas e a demanda de água necessária.

11.1 AMBIENTE HIDROGEOLÓGICO

No estudo de caráter hidrogeológico realizado na área de Abaetetuba observou-se as características geométricas dos principais sistemas aquíferos e sabe-se que os mesmos têm um grande potencial favorável ao armazenamento de água, constituindo um espesso pacote

de sedimentos arenosos que possuem uma alta permeabilidade e que estão intercalados com espessos pacotes argilosos, (Almeida 2005).

Entre os sistemas estudados, o sistema hidrogeológico Pirabas Superior mostra-se o mais adequado para esta proposta de abastecimento. Suas águas são de melhores qualidades físico-químicas que as produzidas pelo sistema Barreiras e as vazões deste último são bem inferiores.

O sistema Barreiras apresenta, ainda, como principais limitadores de sua utilização os teores excessivos de ferro em algumas camadas associados a alguns altos teores de dureza e turbidez (Matta 2002).

Apesar da unidade Barreiras encontrar-se em menores profundidades, acarretando um custo menor na construção dos poços tubulares, os aspectos de qualidade da água e vazão devem prevalecer.

As melhores camadas produtoras de água no sistema Pirabas Superior se encontram no intervalo entre 100 a 180m, por isso a profundidade de cada poço deve ser da ordem de 200m.

11.2 RESERVAS HÍDRICAS DISPONÍVEIS

Um dos fatores mais fundamentais para um projeto de abastecimento é a disponibilidade de água para tal. Na área em questão, essa disponibilidade se materializa pelas reservas hídricas calculadas no item Hidrogeologia para os sistemas aquíferos existentes.

A tabela 4 demonstra que existem disponíveis cerca de 21,86 bilhões de m³ de água no sistema hidrogeológico Pirabas. Isso deve ser mais do que suficiente para o abastecimento da população atual da área estudada e seus incrementos para os próximos 15 anos.

11.3 DEMANDA DE ÁGUA

A captação subterrânea tende a criar condições para que a água seja retirada do manancial em quantidade suficiente para atender o consumo, de forma racional e econômica, de acordo com as necessidades da população envolvida. Desse modo, faz-se necessário o conhecimento da vazão desejada, que por sua vez, é função do consumo previsto.

Segundo os padrões de consumo estabelecidos pela ABNT, o consumo “per capita” médio de água é de 250 l/dia. Baseado no perfil socioeconômico da população envolvida, considerado de baixo poder aquisitivo, hábitos de higiene precários, baixas necessidades

sociais de água (quase ausência de lavagem de carro, grama, jardins, etc.) decidiu-se utilizar o consumo médio “per capita” de 150 l/dia.

De posse desses dados do IBGE (2020), pode-se dizer que a população atual, ou seja, de 2020, do município de Abaetetuba está estimada em 159.080 habitantes, com taxa de crescimento populacional de 1,72%.

Como os poços tubulares têm vida útil em torno de 15 anos, a elaboração de um projeto de abastecimento para área terá, necessariamente, que contemplar duas etapas de implantação: a primeira etapa contemplando a população atual do Município de Abaetetuba-Pa, 159.080 habitantes e a segunda etapa calculando a população estimada para os próximos 20 anos + a taxa de crescimento populacional de 1,72%.

Para daqui a 15 anos, mantendo-se a taxa de crescimento atual, A População de Abaetetuba deverá ser:

População atual IBGE,2020 = 159.080hab

Assim, a população, estimada para 15 anos, deverá ser:

Abaetetuba: 159.080 hab. + 1.72% Pop. x 15 anos = 200.123 hab

População Total = 200.123 hab.

O consumo diário no âmbito da área estudada seria de:

População estimada: 200.123 habitantes

Consumo per capita considerado: 150 L/dia

Consumo Diário de Água = 150 l/dia X 200 123 = 30.018.450 l/dia (30.018 m³/dia)

Regime de bombeamento considerado: 18h/dia

Demanda/hora de água para a população: 30.018 m³/dia ÷ 18h/dia = 1.667 m³/h

11.4 CÁLCULO DO NÚMERO DE POÇOS NECESSÁRIOS

Para suprir as necessidades diárias da população envolvida, partiu-se de um regime de bombeamento de 18h/dia, e uma produção estimada por poço de 200 m³/h. Neste cálculo, divide-se a demanda diária (30.018 m³/dia) pela produção diária do poço (200 m³/h x 18 h/dia), resultando em 8,33 poços. A seguir os cálculos:

$$Q = 200 \text{ m}^3/\text{h} \text{ (Vazão média por poço)}$$

Regime de Bombeamento: 18 h/dia

$$\text{Vazão diária p/ um regime de bomb. 18h} = 200 \text{ m}^3/\text{dia} \times 18 \text{ h/dia} = 3.600 \text{ m}^3/\text{dia}$$

$$30.018 \text{ m}^3/\text{dia} \text{ (demanda diária)}$$

$$\text{Número de Poços} = \frac{30.018 \text{ m}^3/\text{dia}}{3.600 \text{ m}^3/\text{dia}} = 8,33 = 9 \text{ poços}$$

Isso implica na construção de 9 poços profundos no âmbito da área estudada. Levando-se em consideração a necessidade da colocação de 2 poços de reserva para substituições temporárias, necessita-se de 11 poços para este abastecimento.

11.5 DADOS TÉCNICOS PARA A CONSTRUÇÃO DOS POÇOS

Segundo Almeida (2005), conforme as características geológicas e hidrogeológicas da área estudada e com base em trabalhos anteriores realizados no âmbito da Região Metropolitana de Belém, verifica-se que, para se conseguir a demanda de água necessária para suprir as necessidades diárias da população envolvida, seria necessária a construção de poços com as seguintes características:

- ❖ Profundidade = 200 m;
- ❖ Método de perfuração = método rotativo com circulação direta de fluido de perfuração;
- ❖ O diâmetro da câmara de bombeamento = 14" com a sua base localizada a 70m do solo;

- ❖ Revestimento = tubos geomecânicos e nas zonas com potenciais para a produção de água seriam utilizados filtros inoxidáveis, com vazões médias de 8 a 10 m³/metro linear;
- ❖ Espessura de aquíferos necessária: 70m, com utilização de 65% da metragem linear resultando em cerca de 45m de filtro 08 polegadas, sinalizando uma expectativa de vazão de teste em torno de 400 m³/h, o que sinaliza uma capacidade de vazão de produção para o poço de 200 m³/h.
- ❖ Vazão média de 200 m³/h.

11.6 VALOR DA PERFURAÇÃO DOS POÇOS

Para se calcular o preço total da obra de captação deve-se levar em consideração o preço dos poços e do sistema de bombeamento.

Preço dos Poços

Segundo informação verbal de diversas empresas de perfuração de poços que atuam na RMB, um poço, com as características descritas acima, construído por uma empresa especializada custa, no mercado de Belém, para perfurações com tubos geomecânicos o preço situa-se, em média, R\$ 1.250,00/m por metro de construção.

Valor Unitário Estimado do Poço = R\$ 1.250,00 X 200m = R\$ 250.000,00

Assim, de acordo com o preço estimado no mercado de Belém, essa empreitada estaria orçada em torno de:

Valor para 11 poços = R\$ 250.000,00 X 11 poços = R\$ 2.750.000,00

11.7 PREÇO DO SISTEMA DE BOMBEAMENTO

O sistema de bombeamento utilizará 01 bomba por poço, cuja vida útil é, em condições de uso normal, cerca de 05 (cinco) anos. Portanto, para cada poço será necessária se utilizar 03 bombas, com a inclusão do quadro comando e da casa de bomba.

No mercado de Belém, o sistema de bombeamento capaz de atender as condições exigidas pelo tipo de poço custaria:

$$\begin{aligned}
 &\text{Preço unitário da bomba} = \text{R\$ } 53.166,38 \\
 &\quad (\text{Anexo 02}) \times 03 \text{ bombas/poço} \\
 &\quad = \text{R\$ } 159.499,14/\text{poço} \\
 &\text{Preço total do sistema de bombeamento} = \text{R\$ } 159.499,14 \times 11 \text{ poços} \\
 &\quad = \text{R\$ } 1.754.490,54
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &\text{Valor Total da Obra} \\
 &\quad \text{Poços} + \text{Sistema de Bombeamento} = \\
 &\quad \text{R\$ } 2.750.000,00 + \text{R\$ } 1.754.490,54 = \text{R\$ } 4.504.490,54
 \end{aligned}$$

$$\text{Preço per capita} = \text{R\$ } 4.504.490,54 / 200.123 \text{ habitantes} = \text{R\$ } 22,50/ \text{ per capita}$$

Isto significa que, se a população atual fosse pagar pela obra, cada morador pagaria a quantia de R\$ 22,50 para as obras de captação, incluindo o sistema de bombeamento e contemplando a população para os próximos 15 anos.

Uma das vantagens da utilização das águas subterrâneas para abastecimento humano sobre as águas superficiais é que aquelas permitem um investimento gradativo com o aumento da demanda.

Para a população atual, poder-se-ia partir de um número menor de poços e, gradativamente, à medida que a população fosse crescendo, seriam construídos os outros poços. Para a população atual, essa proposta torna-se mais barata em função da menor demanda de água exigida:

População Total = 200.123 habitantes

O consumo diário no âmbito da área estudada seria de:

População estimada: 200.123 habitantes

Consumo per capita considerado: 150 L/dia

Consumo Diário de Água = 150 l/dia X 200.123 hab

=30.018.450 l/dia ou 30.018 m³/dia Regime de bombeamento considerado: 18h/dia.

Demanda de água para a população = 30.018 m³/dia / 18h/dia = 1.668 m³/h

Para suprir as necessidades diárias da população envolvida, partiu-se de um regime de bombeamento de 18h/dia, a produção estimada por poço é de 200 m³/h. Neste cálculo, divide-se a demanda diária (30.018 m³/dia) pela produção diária do poço (200 m³/h x 18 h/dia), resultando em 09 poços. A seguir os cálculos:

Q= 200 m³/h (Vazão média por poço)

Regime de Bombeamento: 18 h/dia

Vazão diária p/ um regime de bomb. de 18h = 200 m³/dia X18 h/dia= 3.600m³/dia

Número de Poços = $\frac{30\ 018\ m^3/dia\ (demanda\ diária)}{3.600\ m^3/dia} = 8,33\ poços = 9\ poços$

11.8 CÁLCULO DO VALOR TOTAL DA OBRA

Para atender a demanda atual de água, seria, então, necessária a construção de 9 poços profundos no âmbito da área estudada. Levando-se em consideração a colocação de 2 poços de reserva, necessita-se de 11 poços para este abastecimento.

Levando-se em consideração o preço dos poços e do sistema de bombeamento, o valor para a construção dos 11 poços seria de R\$ R\$ 4.504.490,54

O sistema de bombeamento ficaria em torno de R\$ 1.750.229,12 considerando-se, apenas, a colocação de uma bomba em cada poço.

$$\begin{aligned} &\textbf{Valor Total da Obra} \\ &\textbf{Poços + Sistema de Bombeamento} \\ &\textbf{R\$ 2.750.000,00 + R\$ 1.754.490,54 = R\$ 4.504.490,54} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &\textbf{Preço per capita = R\$4.504.490,54 / 200.123 =} \\ &\textbf{R\$ 22,50/ per capita} \end{aligned}$$

Isso implica que se o abastecimento atual de água potável da população do município fosse paga pela população atual, cada indivíduo pagaria **R\$ 22,50**.

11.9 AVALIAÇÃO ECONÔMICA

Para a avaliação econômica de uma alternativa de abastecimento d'água, tornou-se necessário considerar alguns conceitos de matemática financeira, que são aplicados em grandes e pequenos projetos, a exemplo da construção de um poço.

Para a realização desse cálculo, foram levados em consideração alguns fatores que interferem no custo da captação subterrânea, como o preço do poço, aquisição e instalação da bomba, manutenção do poço e consumo de energia.

Desse modo, R\$ 2.750.000,00 seria o custo de construção de 11(onze) poços profundos em Abaetetuba-Pa e o preço da unidade da bomba submersa em R\$ 53.166,38 com uma vida útil de 5 anos e um regime de bombeamento de 18 h/dia, sendo necessário,

assim, 3 bombas para atender os 15 anos de vida útil de cada poço com um custo de R\$ R\$4.504.490,54.

Considerando, ainda, uma taxa de manutenção em 5% do valor do poço e o custo de energia para uma bomba submersa, pode-se calcular o fator de recuperação do capital investido durante toda a vida útil do poço.

Através desses cálculos financeiros, levando em conta todos os gastos adquiridos desde a construção do poço até a sua manutenção, podem ser determinados os custos relativos ao consumo anual (demanda x custos) e, assim, calcular em quanto tempo será repostado todo o capital investido.

Abaixo estão demonstrados todos os cálculos referentes à avaliação econômica para o projeto proposto.

Gastos Financeiros Anuais Referentes ao Investimento dos Poços (GAp)

$$\text{GAp} = P \times i \times (1+i)^n / (1+i)^n - 1$$

P = Custo inicial

i = taxa de juros ao ano

n = vida útil do poço

$$\text{GAp} = 250.000,00 \times 0,12 \times (1+0,12)^{15} / (1+0,12)^{15} - 1$$

$$\text{GAp} = \text{R}\$36.706,59$$

Gastos Financeiros Anuais Referentes ao Investimento e Instalação da Bomba (GAb)

$$\text{GAb} = F / (1+i)^n$$

F = custo inicial (R\$ 53.166,38)

i = taxa de juros (12% ao ano)

n = vida útil da bomba (05 anos)

$$\text{GAb} = 53.166,38 / (1+0,12)^5$$

$$\text{GAb} = \text{R}\$ 30.168,03/\text{ano}$$

Gastos Financeiros Anuais Referentes à Energia

Custo da energia para a Bomba Submersa = P (KW) = 15 Q.H

$$Q = 200 \text{ m}^3/\text{dia} = 5,55 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{s}$$

H = 70 m (Altura manométrica)

$$P = 15 \times Q \times h$$

Energia Consumida em 01 hora de Bombeamento:

Energia consumida em 18 horas de bombeamento: Energia consumida em 1h de bomb. =
 $15 \times 5,55 \times 10^{-2} \times 70 \rightarrow P1h$
 =58,27 kw

Energia Consumida em 18h de Bombeamento

Energia consumida em 18h de bomb. = $58,27 \times 18h \rightarrow P18 h =$
 1.048,86 kw

Tarifa anual de Energia: (R\$ 0,70321) em 2020

$Te = P18h \times 1KW/h \times n$ (Tarifa de Energia)

$$Te = 1.048,86 \times 0,70 \times 365 \text{ dias} \rightarrow Te = R\$ 267.983,73/\text{ano}$$

Te - tarifa anual de energia

1KW/h = 0,70 centavos de reais (Fonte: Equatorial Energia, dez. de 2020)

n = Número de dias do ano

Gastos Financeiros Anuais Referentes à Manutenção do Poço (Gm)

$$Gm (5\% Gpf) = 0,05 \times 250.000,00$$

$$Gm = R\$ 12.500,00/\text{ano}$$

Custo de Produção do m³ de Água Subterrânea (Cp)

$$Cp = \frac{GAp + GAb + Te + Gm}{Va}$$

Va

GAp = valor da amortização anual

GAb = fator de recuperação das gerações de bombas

Te = tarifa anual de energia

Gm = manutenção do poço

Va = volume anual previsto = Q x h/d Va = 3600m³ x 365 dias =
1.314.000 m³ (quantidade anual de água necessária para abastecer a população)

$$Cpa = \frac{36.706,59 + 30.168,03 + 267.983,73 + 12.500,00}{1.314.000 \text{ m}^3}$$

$$1.314.000 \text{ m}^3$$

Custo de produção final atual:

$$Cpa = R\$ 0,25/\text{m}^3 \text{ (Custo final atual do m}^3 \text{ de água).}$$

Isso significa que o custo final do m³ ou 1000 litros de água subterrânea para o Município de Abaetetuba-Pa, baseado na proposta aqui discutida é de **R\$ 0,25**.

12.0 CONCLUSÕES

Com relação ao estudo bibliográfico

1- São poucos os trabalhos publicados relacionados a abastecimento alternativo, principalmente os relacionados a Abaetetuba. A maioria é de cunho acadêmico, faltando trabalhos mais sistematizados e interdisciplinares;

3- Na área de Abaetetuba, a expansão urbana dos últimos anos juntamente com o crescimento geométrico da população e a implantação de indústrias e projetos de infraestrutura na sede do município e adjacências tem demandado um consumo de água cada vez maior e uma reorganização do espaço físico urgente;

4- Observa-se na área a falta de uma política de desenvolvimento sustentável e de qualquer interesse nesse campo por parte dos poderes públicos competentes;

Com relação aos aspectos socioeconômicos e ambientais

5- A região periférica de Abaetetuba é, em geral, ocupada por uma população de baixo poder aquisitivo que sofre grandes carências infraestruturas, sendo o abastecimento de água potável uma das mais urgentes;

6- A rotineira falta de água da rede pública foi responsável pela propagação na área de uma densa rede de poços escavados (Amazonas) que está constituindo importante foco de doenças de veiculação hídrica e fontes pontuais de poluição das águas subterrâneas;

Com relação às informações sobre a área

7- Uma das principais dificuldades que se encontrou foi uma grande carência de relatórios técnicos de poços disponíveis através das empresas de perfuração. Alguns dos poucos disponíveis, se relacionam a poços abandonados ou de difícil acesso. Isso dificulta a correlação dos poços cadastrados nas etapas de campo, com os poços que possuem relatórios técnicos referentes à área;

8- São raras as empresas ou órgãos que dispõem de dados para esse tipo de estudo;

9- A busca nos *sites* da internet é uma tarefa bastante difícil, uma vez que muitos destes possuem informações de baixa confiabilidade, exigindo, assim, bastante cautela na pesquisa;

Com relação à geometria das unidades aquíferas

10- Pode-se identificar 05 (cinco) unidades aquíferas na área estudada, denominadas de Aluviões com profundidades abaixo de 10m, Pós-Barreiras com profundidade máxima de 25m, Barreiras com profundidade mínima de 25m e máxima de 90m; Pirabas Superior aparecendo nos intervalos entre 70m e 180m; e Pirabas Inferior ocorrendo à partir de 180m;

11 - Em virtude do caráter lenticular apresentado pelo sistema aquífero Barreiras, a captação de água subterrânea desse sistema pode se tornar um sério problema uma vez que não se conhece o começo nem o fim das camadas aquíferas, isso significa que a atividade de perfuração é incerta no que diz respeito à possibilidade de se encontrar água, acarretando diversos problemas, entre eles o financeiro.

12- Com base nas camadas aquíferas mais contínuas, mais espessas, com maiores vazões, localizadas a altas profundidades e protegidas por uma maior quantidade de camadas confinantes, o sistema hidrogeológico Pirabas se mostrou o mais adequado para utilização em projetos de abastecimento de água subterrânea. Esse sistema teria, ainda, uma baixa vulnerabilidade aos principais agentes de contaminação, o que o torna ainda mais propício para o abastecimento de água potável para população;

13 - Em consequência do alto custo que se tem com a construção dos poços e por exigir maiores cuidados técnicos e materiais mais resistentes e de altos custos, o sistema aquífero Pirabas, principalmente o Pirabas Inferior é pouco explorado na área;

Com relação à qualidade das águas subterrâneas

15 - De uma maneira geral, as águas subterrâneas da área estudada podem ser consideradas de boa qualidade para utilização em abastecimento humano, apresentando resultados muito parecidos com as águas da Região Metropolitana de Belém;

16- As águas analisadas apresentaram alguns problemas nos valores de cor aparente, turbidez e variações de pH. Os valores de pH, em 9 das 10 amostras analisadas estão com valores abaixo de 6 sendo, assim, águas de caráter ácidas, o que é uma das características das águas amazônicas. Os valores anômalos de cor aparente e turbidez estão associados a poços mal construídos, fora das mínimas regras técnicas e de higiene; **Com relação às obras de captação**

19- Há uma grande variedade de tipos de obras de captação das águas subterrâneas na área, variando desde poços tubulares mais sofisticados a poços escavados de fundo de

quintal. Porém observou-se uma grande predominância dos poços amazonas ou escavados, para fins de abastecimento de água subterrânea da população, o que reflete um sério problema ambiental.

Com relação à contaminação das águas

20 - As principais fontes potenciais de poluição das águas subterrâneas e superficiais, relacionadas ao uso e ocupação de meio físico local observadas foram: o saneamento básico precário; a deficiência da coleta de lixo; o despejo de dejetos domésticos e orgânicos em cursos de água superficial e a construção de poços sem quaisquer critérios técnicos.

Com relação ao cálculo das reservas

21 – As reservas hídricas subterrâneas da área estudada totalizam cerca de 25,88 bilhões de metros cúbicos de água, para os cinco sistemas hidrogeológicos identificados. Deste total, cerca de 232 milhões de metros cúbicos são renováveis anualmente. A disponibilidade hídrica efetiva totaliza cerca de 8,9 milhões de metros cúbicos, representando, apenas, cerca de 0.04% das reservas renováveis e o suficiente para abastecer uma população de cerca de 59 mil pessoas;

Com relação à proposta de abastecimento

22- Levando em consideração o período de vida útil de um poço (15 anos) foi mostrada uma proposta alternativa de abastecimento de água para a área estudada, através da construção de 11 (onze) poços tubulares, com cerca de 200m de profundidade cada um, ao preço unitário de R\$ 250.000,00, onde o custo final da produção de água é de R\$ 0,25 / m³. A obra completa sairia por cerca de R\$ 22,50 *per capita*, se fosse paga pela população do município de Abaetetuba-Pa estimada em 200.123 envolvidos.

23-Para custear a proposta de abastecimento, os investimentos podem vir de Programas Estaduais, Municipais ou podem vir do Novo Marco Regulatório do Saneamento Básico. A proposta estabelece metas de saneamento a serem cumpridas em até 12 anos porém o prazo para cumprimento das metas poderá ser acrescido de mais sete anos. O custo estimado da universalização dos serviços, segundo o relator Tasso Jereissati (PSDB-CE), é de R\$ 700 bilhões no período.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. 2007. *Geo Brasil recursos hídricos: componente da série de relatórios sobre o estado e perspectivas do meio ambiente no Brasil*. Brasília, DF, PNUMA, 264p.

Almeida F. M. de. 2005. *Estudos dos recursos hídricos subterrâneos da região de Barcarena – Abaetetuba como um fundamento para o zoneamento ecológico econômico do Baixo Tocantins*. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal do Pará, CG. DGL,150p.

- Aranha L. G. F. 1990. Evolução tectônica e sedimentar das bacias de Bragança-Viseu, São Luís e Ilha Nova. *In: Bacias sedimentares: origem e evolução*. Rio de Janeiro, Petrobrás, p. 221-234.
- Baird C. & Cann M. 2011. *Química ambiental*. 4th Edition. Porto Alegre, Bookman..
- Bandeira I.C.N., Almeida F.M., Dias E.R.F., Matta M.A.S., Figueiredo A.B., Mendes J.M.C. 2004. Aspectos de vulnerabilidade natural dos sistemas aquíferos da bacia do Paracuri, Belém/PA. *In: ABAS, 13º Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, Cuiabá, Anais[...] 1 CD-ROM*.
- Bermeguy R.L. 1997. Morfotectônica e evolução paleogeográfica da região da calha do Rio Amazonas. PhD Theses, Universidade Federal do Pará, Belém, 200 p.
- Bermeguy R.L. & Costa J.B.S. 1991. Considerações sobre o sistema de drenagem da Amazônia e sua relação com o arcabouço tectono-estrutural. *Boletim Paraense Emílio Goeldi. Série Ciências da Terra*, **3**:75-97.
- Brito Neves B. B. de, Cordani U. G. 1991. *Tectonic evolution of south america during the late proterozoic. Precambrian Research[S.I.]*, **53** (1-2): 23-40.
- Campos J. N.B. 1999. *A água e a vida: textos e contextos*. Fortaleza: ABCFortaleza, 142p.
- Cardoso J. M., Américo-Pinheiro J. H. P., Ribeiro L. G. 2017. Análise de nitrito em água subterrânea de consumo humano em Campo Grande – MS. *In: ABRH, 22º Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*. Florianópolis – SC, Associação Brasileira de Recursos Hídricos. p. 00-00.
- Cavalcante I. N. 1998. *Fundamentos hidrogeológicos para a gestão de recursos hídricos na região metropolitana de Fortaleza, Estado do Ceará*. PhD Theses, Universidade de São Paulo. Instituto de Geociências, São Paulo, 164p.
- Cortez, C. M. B *et al.* 2000. Utilização de águas minerais dos aquíferos do Grupo Barreiras na Região de Belém (PA). *In: Joint World Congress on Groundwater*, 1. Fortaleza, 1 CDROOM.
- Costa M. M. 1985. *Contribuição ao estudo hidrogeológico da região de Barcarena Através da construção de um poço tubular*. Monograph. Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, CG, DGL, 41p.
- Costa J. B. S. & Hasui Y. 1997. Evolução geológica da Amazônia. *In: Costa M. L. & Angélica R. S. (eds.). Contribuições à geologia da Amazônia*, Belém, FINEP; SBG-Norte, v. 1, p. 15-90.
- Costa J. B. S., Hasui Y., Gorayeb P. S. S. 1988. Relações estruturais entre a Faixa Araguaia e o Maciço Goiano na região de Paraíso do Norte - Gurupi, GO. *In: SBG, 35º Congr. Bras. Geol., Belém. Anais[...]*. v. 5, p. 2187-2196.
- Costa J.B.S., Borges M.S., Igreja H.L.S., Pinheiro R.V.L. 1991. Aspectos da tectônica cenozóica na região do salgado, litoral nordeste do Estado do Pará. *In: SBG-Núcleo Norte, 3º Simpósio de Geologia da Amazônia. Resumos Expandidos*. Belém. p. 156-165.
- Costa J.B.S., Borges M.S., Bemerguy R.L., Fernandes J.M.G., Costa JR. P.S., Costa M.L. 1993. A evolução cenozóica da região de Salinópolis, nordeste do Estado do Pará. *Geociências (UNESP)*, **12**: 373-396.
- Custodio E. & Llamas M. R. 1976. *Hidrologia subterrânea*. Barcelona, Ediciones Omega S.A. v. 2. 1157p.

- Fetter C. W. 1980. *Contaminant hydrogeology*. New York, Ed Macmillan Publishing Company. 458p.
- Fundação Nacional de Saúde- FUNASA. 2006. Manual prático de análise de água. Manual de bolso. Brasília,DF, Engenharia de Saúde Pública. 147p.
- Góes A.M. & Truckenbrot W. 1980. Caracterização faciológica e interpretação ambiental dos sedimentos Barreiras na Região Bragantina, nordeste do Pará. *In*: SBG, 31º Congresso Brasileiro de Geologia, Camboriú. *Anais[...]*. v. 2, p. 766-771.
- Góes A.M., Rossetti D.F., Nogueira A.C.R., Toledo P.M. 1990. Modelo deposicional preliminar da Formação Pirabas no nordeste do Estado do Pará. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi*. Série Ciências da Terra, **2**: 3-15.
- Hirata R., Foster S., Oliveira F. 2016. *Águas subterrâneas urbanas no Brasil*, São Paulo, Instituto de Geociências; FAPESP. 111p.
- IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais, *Estimativas da população residente com data de referência 1o de julho de 2020*. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/abaetetuba/panorama>. Acesso em: 14/09/2020.
- João X. S. J., Teixeira S. G., Fonseca D. D. F. (orgs). 2013. *Geodiversidade do Estado do Pará*. Belém, CPRM. 218p. (Programa Geologia do Brasil: Levantamento da Geodiversidade).
- Lopes, C.; Santos, L. F.; Heleno, F.F. e Moreira, E.A.F. . *Avaliação da qualidade da água de poços rasos do município de Senador Firmino/MG*. Disponível em: <https://www.tratamentodeagua.com.br/artigos-categoria/metodologias-de-analises>. Acesso em:26/08/2020.
- Matta M. A. da S. 2002. *Fundamentos hidrogeológicos para gestão integrada dos recursos hídricos da região de Belém/Ananindeua - Pará, Brasil*. Orientador: Aldo da Cunha Rebouças. PhD Theses, Geologia e Geoquímica, Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2002. 292 p. Disponível em:<http://repositorio.ufpa.br:8080/jspui/handle/2011/8165>.
- Matta M. A. da S., Cabral N. M. T., Tagliarini E. M. 2000. Fundamentos Para Uso e Proteção das Águas Superficiais e Subterrâneas da Região Leste de Belém/PA. *In*: 1 Cong. Mundial Integ. de Águas Subterrâneas Fortaleza. *Anais[...]*. 1CD-ROM.
- Matta M. A. da S., Costa F.R. da, Moraes M.C. da. 2000. Águas superficiais e subterrâneas da região Leste da cidade de Belém/PA. *In*: 1º Cong. Mundial Integ. de Águas Subterrâneas, Fortaleza, *Anais[...]*. 1 CD-ROM.
- Pacheco L. P., Leandro W.M., Machado P.L.O.A., Assis R.L., Cobucci T., Madari B.E., Petter F.A. 2011. Produção de fitomassa e acúmulo e liberação de nutrientes por plantas de cobertura na safrinha. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília,DF, **46** (1): 17-25.
- Piratoba A. R. A., Ribeiro H. M. C., Morales G. P., Gonçalves W. G.e. Caracterização de parâmetros de qualidade da água na área portuária de Barcarena, PA, Brasil. *Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science*. ISSN 1980-993X – doi:10.4136/ambiente.1910. *Received*: 03 Apr. 2016; *Accepted*: 03 Mar. 2017. Universidade do Estado do Pará (UEPA), Belém, PA, Brasil.
- Piveli R. P. 2019. *Qualidade das águas e poluição*: aspectos físico-químicos. Aula 6 Características químicas das águas: ph, acidez, alcalinidade e dureza.(Curso).Disponível em:

www.leb.esalq.usp.br/leb/.../Fasciculo%206%20-20Alcalinidade%20e%20Acidez.pd. Acesso em: 06 de ago. 2020.

Prefeitura Municipal de Abaetetuba. *Projeto de Lei: 012/06* de setembro de 2006. Plano Diretor Participativo. Abaetetuba: 2006.

Reis J. A. T. dos & Mendonça A. S. F. 2009. Análise técnica dos novos padrões brasileiros para amônia em efluentes e corpos d'água. *Eng Sanit Ambient* .14 (3) jul/set. 353-362. Disponível:https://www.researchgate.net/publication/240771150_Analise_tecnica_dosnovos_padroes_brasileiros_para_amonia_em_efluentes/link/5690d59508aecd716aef71ab/download. Acesso em: 29 ago. 2020.

Rodrigues R.C. da S. 2019. *Fundamentos hidrogeológicos e o planejamento urbano da Vila de Beja, Abaetetuba-PA*. MS Dissertation. Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos.

Santos J. O. S. 2003. Geotectônica dos escudos das Guianas e Brasil Central. In: Bizzi L.A., Schobbenhaus C., Vidotti R.M., Gonçalves J.H. (ed.). *Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil: texto, mapas & SIG*. Brasília,DF, CPRM - Serviço Geológico do Brasil, p. 169-226.

Santos C. 2007. *Estatística descritiva: manual de autoaprendizagem*. Lisboa, Sílabo.

Silva L. C. M. & Brotto M. E. 2014. *Nitrato em água: ocorrência e consequências*. Escola Superior de Química, Faculdades Oswaldo Cruz. Disponível em: www.creasp.org.br/biblioteca/wp-content/uploads/2014/09/Nitrato-em-agua-1.doc. Acesso em: 02 set. 2020.

Silva L. S.e 2016. *Contribuição ao conhecimento das formações Barreiras e Pirabas utilizando-se ferramentas da análise estrutural com vistas à aplicação em hidrogeologia*. MS Dissertation, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Belém, 126p.

ANEXO A-Tabela de Poços

(continua)

ID	Nome do poço	Local	Coordenada UTM (N/S)	Coordenada UTM (E/W)
1	P 01	Vila de Beja	9807632	738365
2	P 02	Abaetetuba	9806674	740028
3	P 03	Abaetetuba	9805885	742492
4	P 04	Abaetetuba	9805086	744456
5	P 05	Abaetetuba	9803652	745923
6	P 06	Moju	9800542	746855
7	P 07	Moju	9799066	748886
8	P 08	Abaetetuba	9797573	749699
9	P 09	Abaetetuba	9795655	750043
10	P 10	Abaetetuba	9800806	745845
11	P 11	Abaetetuba	9799438	744000
12	P 12	Abaetetuba	9797887	741971
13	P 13	Abaetetuba	9796698	741134
14	P 14	Abaetetuba	9794023	737599
15	P 15	Abaetetuba	9792396	735873
16	P 16	Abaetetuba	9788768	734173

17	P 17	Abaetetuba	9785416	731775
18	P 18	Abaetetuba	9803543	746322
19	P19	Abaetetuba	9805148	748800
20	P 20	Abaetetuba	9806566	750988
21	P 21	Abaetetuba	9807910	750961
22	P 22	Abaetetuba	9810301	750023
23	P 23	Abaetetuba	9812588	749591
24	P 24	Abaetetuba	9815553	749735
25	P 25	Abaetetuba	9819163	749295
26	P 26	Abaetetuba	9820287	743745
27	P 27	Abaetetuba	9808885	739225
28	P 28	Abaetetuba	9809704	740614
29	P 29	Abaetetuba	9810590	742446
30	P 30	Abaetetuba	9811902	744849
31	P 31	Abaetetuba	9814204	746145
32	P 32	Abaetetuba	9826297	747208
33	P 33	Abaetetuba	9808228	753523
34	P 34	Abaetetuba	9809396	755294
35	P 35	Abaetetuba	9810535	756871
36	P 36	Abaetetuba	9811928	759075
37	P 37	Moju	9801841	760496
38	P 38	Barcarena	9814212	762454
39	P 39	Barcarena	9815748	764659
40	P 40	Barcarena	9818032	767007

(continuação)

ID	Nome do poço	Local	Coordenada UTM (N/S)	Coordenada UTM (E/W)
41	P 41	Barcarena	9821381	770450
42	P 42	Barcarena	9823123	772768
43	P 43	Barcarena	9824076	769913
44	P 44	Barcarena	9826444	767434
45	P 45	Barcarena	9827883	766287
46	P 46	Barcarena	9825585	767352
47	P 47	Barcarena	9821660	767777
48	P 48	Barcarena	9829454	758683
49	P 49	Barcarena	9830725	757799
50	P 50	Barcarena	9832315	755590
51	P 51	Barcarena	9832724	754788
52	P 52	Barcarena	9832617	754374
53	P 53	Barcarena	9832517	753412
54	P 54	Barcarena	9824988	768987
55	P 55	Barcarena	9830774	765460
56	P 56	Barcarena	9832472	765753
57	P 57	Barcarena	9833486	764485
58	P 58	Barcarena	9833398	767097

59	P 59	Barcarena	9834904	767792
60	P 60	Barcarena	9832532	765636
61	P 61	Barcarena	9831430	764829
62	P 62	Barcarena	9826357	753449
63	P 63	Barcarena	9825134	752744
64	P 64	Barcarena	9825608	751898
65	P 65	Barcarena	9826776	749580
66	P 66	Barcarena	9824650	752797
67	P 67	Barcarena	9821604	755214
68	P 68	Barcarena	9819238	757868
69	P 69	Barcarena	9817042	760723
70	01VB	Vila de Beja	9820325	744594
71	02VB	Vila de Beja	9820430	744699
72	03VB	Vila de Beja	9820525	744699
73	04VB	Vila de Beja	9820547	744520
74	05VB	Vila de Beja	9820448	744341
75	06VB	Vila de Beja	9820430	744770
76	07VB	Vila de Beja	9820420	744804
77	08VB	Vila de Beja	9820452	744152
78	09VB	Vila de Beja	9820879	744375
79	10VB	Vila de Beja	9821090	744666
80	11VB	Vila de Beja	9820827	743314
81	12VB	Vila de Beja	9820793	744307
82	13VB	Vila de Beja	9820725	744418

(continuação)

ID	Nome do poço	Local	Coordenada UTM (N/S)	Coordenada UTM (E/W)
83	14VB	Vila de Beja	9820571	744430
84	15VB	Vila de Beja	9820767	744823
85	16VB	Vila de Beja	9820777	744823
86	17VB	Vila de Beja	9820498	743963
87	18VB	Vila de Beja	9820348	743583
88	19VB	Vila de Beja	9820305	743864
89	20VB	Vila de Beja	9820615	744038
90	21VB	Vila de Beja	9820673	743741
91	22VB	Vila de Beja	9820673	743991
92	23VB	Vila de Beja	9820606	743556
93	24VB	Vila de Beja	9820803	743327
94	25VB	Vila de Beja	9820356	744170
95	26VB	Vila de Beja	9820511	744939
96	1500002235	Abaetetuba	9787743	733190
97	1500002234	Abaetetuba	9788857	734096
98	1500007031	Abaetetuba	9789757	735911
99	1500007032	Abaetetuba	9791547	735698
100	1500007033	Abaetetuba	9791481	735566

101	1500007034	Abaetetuba	9791629	735547
102	1500007035	Abaetetuba	9791702	735211
103	1500002233	Abaetetuba	9792181	735845
104	1500008727	Abaetetuba	9794592	730600
105	1500002240	Abaetetuba	9792220	730597
106	1500007021	Abaetetuba	9795837	737808
107	1500007022	Abaetetuba	9795356	738699
108	1500007385	Abaetetuba	9795690	738388
109	1500002231	Abaetetuba	9799397	743999
110	1500002232	Abaetetuba	9799459	743994
111	1500002241	Abaetetuba	9799397	748178
112	1500004749	Abaetetuba	9796859	749845
113	1500009215	Abaetetuba	9803542	746101
114	1500009402	Abaetetuba	9803480	745977
115	1500009395	Abaetetuba	9805571	746024
116	1500001135	Abaetetuba	9809324	755268
117	1500008728	Abaetetuba	9812128	764668
118	1500006425	Abaetetuba	9806539	740194
119	1500009401	Abaetetuba	9806685	739881
120	1500000018	Abaetetuba	9807300	738205
121	1500009213	Abaetetuba	9807920	737728
122	1500009399	Abaetetuba	9807819	737753
123	1500001236	Abaetetuba	9808198	732383
124	1500001237	Abaetetuba	9808132	732354

(conclusão)

ID	Nome do poço	Local	Coordenada UTM (N/S)	Coordenada UTM (E/W)
125	1500006081	Abaetetuba	9808223	734068
126	1500009214	Abaetetuba	9808663	734893
127	1500008726	Abaetetuba	9808297	734778
128	1500010018	Abaetetuba	9807314	738209
129	1500002377	Abaetetuba	9809495	735996
130	1500002385	Abaetetuba	9809648	735678
131	1500008624	Abaetetuba	9809400	735650
132	1500009398	Abaetetuba	9809607	735595
133	1500009400	Abaetetuba	9809550	735602
134	1500009396	Abaetetuba	9809766	734826
135	1500007103	Abaetetuba	9810593	737052
136	1500002378	Abaetetuba	9811019	736454
137	1500002379	Abaetetuba	9810895	736244
138	1500002380	Abaetetuba	9811061	736305
139	1500002381	Abaetetuba	9810925	736397
140	1500002382	Abaetetuba	9810897	736553
141	1500002383	Abaetetuba	9811089	736644
142	1500002384	Abaetetuba	9811185	736548

143	1500009397	Abaetetuba	9810870	736053
144	1500007405	Abaetetuba	9813497	745722

ANEXO B-Orçamento motobomba



RINGO D'ÁGUA COMÉRCIO DE MAT HIDRÁULICO - 05.847.891/00
01-30

Ender eço: AV. DEZESSEIS DE NOVE
 MBRO - Num : 774 Telefones: (91) 3
 224-6642 (91) 3 230- 2705
 BELEM PA

03 / 02 / 20 2 1

Proposta Orçamentária Nº 18631

CLIENTE

00273 - UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARA (UFPA) 31.621.748/000123

Endereço: AV.AUGUSTO COREIA, 01 Telefone: (91) 3201-7436 GUAM A PA
BELEM

Cod.	Descrição do Produto	Unid.	Qtd	V. Unit	V. Desc.	V. Liqui	V. Total
2090	MOTOBOMBA LEAO 801/95cv /2238+S150-05+ SSL/220V	UND	1,000	53.166,38	0,00	53.166,38	53.166,38
Itens: 1 Peças: 1				Tot. dos Produtos:		53.166,38	
Prazo de Entrega: IMEDIATO - (SUJEITO CONFIRMACAO DE ESTOQUE)							
Cond. Pagamento: VENDAS-A VISTA							
Forma de Pagam.: BOLETO BANCÁRIO				Desconto ():		0,00	
Plano de Pagam.: BOLETO							
Observação							
FORMA DE PAGAMENTO A COMBINAR				Impostos Inc. (+):		0,00	
PRAZO DE ENTREGA 45 DIAS							
Vendedor(a): 02 - ANDERSON ROGERIO TEIXEIRA FARIAS				Valor Final (=):		53.166,38	