



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO - UEMA
CENTRO DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS
CURSO DE GEOGRAFIA – LICENCIATURA E BACHARELADO

RAFAEL ANTONIO PEIXOTO RIBEIRO

**MANUTENÇÃO DE POÇOS TUBULARES PROFUNDOS E SUAS
IMPLICAÇÕES NA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS: estudo de
caso dos poços tubulares PT-01 e PT-02 do Sistema Paciência em São Luís –
MA.**

São Luís
2021

RAFAEL ANTONIO PEIXOTO RIBEIRO

**MANUTENÇÃO DE POÇOS TUBULARES PROFUNDOS E SUAS
IMPLICAÇÕES NA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS:** estudo de
caso dos poços tubulares PT-01 e PT-02 do Sistema Paciência em São Luís –
MA.

Monografia apresentada ao curso de Geografia, da
Universidade Estadual do Maranhão - UEMA, como
pré-requisito para a obtenção do grau de
Licenciado e Bacharel em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Luis Jorge Bezerra da Silva
Dias

São Luís
2021

Ribeiro, Rafael Antônio Peixoto.

Manutenção de poços tubulares profundos e suas implicações na qualidade das águas subterrâneas: estudo de caso dos poços tubulares PT-01 e PT-02 do Sistema Paciência em São Luís – MA / Rafael Antônio Peixoto Ribeiro. – São Luís, 2022.

... 49

Monografia (Graduação) – Curso de Geografia, Universidade Estadual do Maranhão, 2022.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Jorge Bezerra da Silva Dias.

1.Poços tubulares. 2.Manutenção. 3.Qualidade das águas. 4.Sistema Paciência. I.Título.

CDU: 628.112.24(812.1)

RAFAEL ANTONIO PEIXOTO RIBEIRO

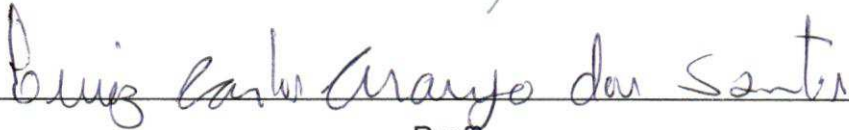
**MANUTENÇÃO DE POÇOS TUBULARES PROFUNDOS E SUAS
IMPLICAÇÕES NA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS:** estudo de
caso dos poços tubulares PT-01 e PT-02 do Sistema Paciência em São Luís –
MA.

Monografia apresentada ao curso de Geografia, da
Universidade Estadual do Maranhão - UEMA, como
pré-requisito para a obtenção do grau de
Licenciado e bacharel em Geografia.

Data Aprovação: 17 / 01 / 2022

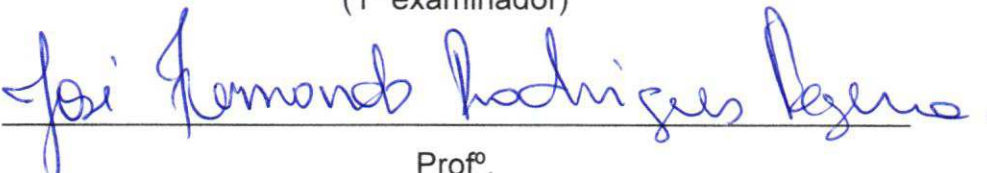


Prof. Dr. Luis Jorge Bezerra da Silva Dias
(Orientador)



Luiz Carlos Arayo da Santa
Prof.º

(1º examinador)



José Remondinho Rodrigues Aguiar
Prof.º

(2º examinador)

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me concedido saúde, força e disposição para concluir esta etapa e, sem ele nada disto seria possível.

A minha família, especialmente minha mãe Silvia Regina Pimenta Peixoto que fez de tudo para tornar os momentos difíceis mais brandos.

Ao meu falecido pai Kenard Ribeiro que sempre me deu apoio e suporte para que eu me tornasse a pessoa que hoje sou.

A minha esposa Poliana Maria da Silva Ribeiro que nunca me deixou desistir dos meus sonhos.

Ao meu filho Pedro Rafael Silva Ribeiro por compreender as minhas ausências.

Agradeço ao meu orientador pela paciência e ajuda nessa jornada acadêmica.

Aos meus amigos que fizeram parte dessa caminhada, vivenciando momentos de alegrias e aprendizados, sempre me incentivado a buscar novos conhecimentos para o meu crescimento profissional.

E aos nossos professores pelo suporte durante a graduação.

Epígrafe

“Sempre que te perguntarem se podes fazer um trabalho, responde que sim e te ponhas em seguida a aprender como se faz”.
(F. Roosevelt)

RESUMO

Atualmente a água é um dos recursos ambientais mais preciosos que existem e, também está ficando um dos mais escassos. O seu aproveitamento de forma consciente e a conservação dos recursos da água doce devem ser encarados como prioridade pela sociedade em geral. Para ter a cesso a este recurso em muitos casos há a necessidade de construir poços tubulares, para o aproveitamento das águas subterrâneas. Porém para que seja possível seu uso é imprescindível que os poços estejam em perfeito estado de uso, ou seja, precisa atender aos padrões de potabilidade da água estabelecidos pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 20 na Portaria nº 518. Diante desse exposto o presente trabalho tem como objetivo analisar como ocorre a manutenção de dois dos poços tubulares que fazem parte do Sistema Paciência (Companhia de Águas e Esgotos do Maranhão) da cidade de São Luis e, como ela está diretamente ligada à qualidade da água. Para tal análise foram verificados pela própria empresa de abastecimento, os parâmetros físico-químicos e microbiológicos. Os resultados encontrados foram comparados aos limites permitidos pelo CONAMA e, de acordo com a portaria de potabilidade os dois poços analisados estão com as suas águas adequadas para a o consumo humano.

Palavras-chave: Poços tubulares, matutenação, qualidade das águas, Sistema Paciência

ABSTRACT

Water is currently one of the most precious environmental resources that exist and is also becoming one of the most scarce. Their conscientious use and the conservation of fresh water resources must be seen as a priority by society in general. In order to have access to this resource, in many cases there is a need to build tubular wells, to use groundwater. However, for its use to be possible, it is essential that the wells are in a perfect state of use, that is, they must meet the standards of potability of water established by the National Council for the Environment (CONAMA) No. 20 in Ordinance No. 518. The present work aims to analyze how the maintenance of two of the tubular wells that are part of the Paciência System (Companhia de Águas e Segotos do Maranhão) in the city of São Luis takes place, and how it is directly linked to water quality. For this analysis, the physicochemical and microbiological parameters were verified by the supply company. The results found were compared to the limits allowed by CONAMA and, according to the potability ordinance, the two analyzed wells have their waters suitable for human consumption.

Keywords: Tubular wells, maintenance, water quality, Patience System.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Mapa de localização do Sistema Paciência 1.....	19
Figura 2- Retirada da tubulação.....	38
Figura 3- Após a retirada da tubulação.....	38
Figura 5- Descida da tubulação.....	38
Figura 4- Preparação para a descida da tubulação.....	38

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1-o ph ideal para água de um poço tubular	39
GRÁFICO 2-qual valor ideal da turbidez de um PT	40
GRÁFICO 3-Alcalinidade total: quantidade de carbonato de cálcio (CaCO ₃ por mg/L)	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1-Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras de água dos poços PT-01 e PT-02	42
---	----

LISTA DE SIGLAS

CAEMA	Companhia de Águas e Esgotos do Maranhão
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
ETA	Estação de Tratamento de Água e Esgoto
EUA	Estados Unidos
NBR	Norma brasileira
NMP	Número mais provável
ml	Mililitro
ONG	Organização não governamental
OMS	Organização Mundial da Saúde
DQO	Demanda química do oxigênio
PH	Potencial hidrogeniônico
Km	Quilômetro
M ³ /h/m	Metro cúbico/hora/metro
L/h/m	Litro/hora/metro
L/s/m	Litro/segundo/metro
NE	Nível estático
ND	Nível dinâmico
DNPM	Departamento Nacional da Produção Mineral
S.E.M.A.	Secretaria Especial do Meio Ambiente
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
A.N.A.	Criação da Agência Nacional de Águas
Mg/l	Miligramas/litro
UFC/mL	Unidade de formação de colônias por mililitro

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2. PROCEDIMENTOS METDOLÓGICOS	17
2.1 Tipo de Pesquisa	17
2.2 Local de Pesquisa.....	18
2.3 Instrumento de coleta de dados.....	20
2.4 Análise dos dados.....	21
3 MEIO AMBIENTE E TRATAMENTO DE ÁGUA	21
3.1 Estações de Tratamento de Água (ETA)	23
3.2 Águas subterrâneas.....	25
3.3 Características e Parâmetros Físicos de Aquíferos e Poços	30
3.4 Operação e Manutenção de Poços.....	32
3.5 Vulnerabilidade a poluição das águas subterrâneas.....	34
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
4.1 Manutenção dos poços PT-01 e PT-02, como é realizada	37
4.2 Análises dos parâmetros físico-químicas e microbiológicos	39
4.2.1 Ph da água	39
4.2.2Turbidez.....	40
4.2.3 Alcalinidade	41
4.3 Coliforme fecal e total	42
4.3.1 Valor ideal para coliformes fecal e total	42
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	43
6 REFERÊNCIAS	44

1 INTRODUÇÃO

A utilização da água pela sociedade humana visa atender suas necessidades pessoais, atividades econômicas (agrícolas e industriais) e sociais. No entanto, essa diversificação no uso da água, quando realizada de forma inadequada, provoca alterações na qualidade da mesma, comprometendo os recursos hídricos e por consequência seus usos para os diversos fins. A qualidade da água é aspecto indispensável, quando se trata dos seus principais usos, em especial, para fins como o abastecimento humano. A importância da água não está relacionada apenas às suas funções na natureza, mas ao papel que exerce na saúde, economia e qualidade de vida humana.

Quando se fala em sistema de abastecimento humano, consiste no conjunto de obras, equipamentos e serviços com o objetivo de levar água potável para uso no consumo doméstico, indústria, serviço público, entre outros, sendo estes realizados por meio de captação superficial ou subterrânea, sendo esta última realizada através de poços.

Em média, as perfurações são de 50 a 100 metros e, a água é conduzida por meio de bombas até a estação de tratamento. Mediante isso, todos os poços tubulares profundos necessitam de cuidados especiais para terem sua vida útil prolongada e garantir o abastecimento de água com qualidade. Com o tempo, os mesmos podem apresentar diminuição na vazão, além da alteração na qualidade da água, portanto, o recomendado é realizar a manutenção periódica a cada dois anos de operação, reduzindo assim custos imprevistos com avarias irreversíveis e mantendo o funcionamento do poço sem interrupções indesejáveis.

Nesta perspectiva, o trabalho de pesquisa será um estudo de caso, do PT-01 e 02 do Sistema Paciência, São Luís – MA. Por meio deste, analisar como a manutenção dos poços interfere na qualidade da água desta unidade, se os parâmetros físico-químicos como: pH, turbidez, alcalinidade total e análises bacteriológicas (coliforme fecal e total) estão dentro dos Padrões de Potabilidade da Portaria 2914 do Ministério da Saúde. Diante disto percebeu-se a importância de um estudo acerca da qualidade da água proveniente de poços tubulares.

Perante o aumento da demanda para o abastecimento humano, industrial e do agronegócio, a exploração adequada e sustentável dos recursos hídricos subterrâneos é, atualmente, imprescindível. Nesse contexto, possuir sólidos

conhecimentos de Hidrogeologia, aliado aos de projeto e construção de poços tubulares profundos, com especial atenção a essenciais detalhes construtivos, se fazem necessários.

Segundo o site do Ministério do Meio Ambiente/água/recursos-hídricos/águas-subterrâneas/gestão, o Papel da Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano no âmbito das Águas Subterrâneas no Art. 23 que acompanha a implementação do Plano Nacional de Recursos Hídricos, ou seja, é coordenar, em sua esfera de competência, a elaboração de planos, programas e projetos nacionais, referentes a águas subterrâneas, e monitorar o desenvolvimento de suas ações, dentro do princípio da gestão integrada dos recursos hídricos, mediante isso, se aprofundará os estudos acerca do Sistema Paciência, São Luís- MA.

O presente trabalho tem como objetivo geral caracterizar o sistema de manutenção dos poços 01 e 02 do Sistema Paciência e verificar suas implicações na qualidade das águas subterrâneas. E assim descrever a metodologia de manutenção de poços do Sistema Paciência; coletar e analisar parâmetros físico-químicos das águas; correlacionar a manutenção dos poços com a conservação da qualidade das águas do sistema Paciência, que é o objeto de estudo e, por meio de pesquisa qualitativa, observação, aplicação de questionário e análise exploratório-descritiva será realizado.

Nestes termos, a pesquisa está estruturada da seguinte forma:

O 1º capítulo refere-se à introdução, parte inicial do trabalho que fornece uma visão global da pesquisa realizada, apresentando o tema, a delimitação do assunto abordado e a justificativa.

No 2º capítulo são abordados procedimentos metodológicos, local e tipo da pesquisa, e as análises dos dados colhidos na pesquisa.

No 3º capítulo, abordar-se o referencial teórico e a percepção que alguns teóricos observam sobre como a manutenção dos poços tem relação direta com a qualidade da água.

O 4º capítulo abordará os resultados da pesquisa dispostos em gráficos e logo em seguida discuti-los corroborando ou não os nossos achados com os dos teóricos.

No 5º capítulo o das considerações finais fazer uma síntese sobre tudo que foi abordado na pesquisa. E constatar da manutenção dos poços tubulares para a qualidade da água.

2. PROCEDIMENTOS METDOLÓGICOS

2.1 Tipo de Pesquisa

O ato de pesquisar configura-se em aprofundar conhecimentos vista a um determinado problema. Assim, o pesquisador aprimora e visualiza de forma sucinta as dificuldades externadas e posiciona-se, em busca de amenizá-los ou até mesmo solucioná-los.

A presente pesquisa desenha-se de forma exploratória-descritiva, bibliográfica e quanli-quantitativa por oferecer maior contato com o objeto de pesquisa. Tal abordagem é imprescindível, uma vez que possibilita uma compreensão melhor dos fatos baseados em seus estudos, analisando as informações para chegar a um entendimento sobre o que foi coletado.

No tocante à pesquisa exploratória descritiva, ela cogita estreitar a relação entre seus sujeitos, visto que, e a partir dessa análise que será possível vislumbrar de forma ampla a temática, encontrando assim, relevância para o estudo.

A pesquisa exploratória descritiva permite uma aproximação entre o pesquisador e o ambiente a ser investigado. Onde ele adentra no ambiente e interioriza-se de todos os aspectos do espaço investigado (Gil, 2002).

Pautou-se ainda a investigação através da pesquisa-ação, que na visão de Pereira (1998), objetiva a mudança na realidade de seus sujeitos e aprofundar situações reais e os resultados da investigação efetivada. Tem como objetivo mudança no contexto concreto e estudar as condições e os resultados da experiência efetuada.

Ao abordar quali-quantitativamente a pesquisa, os pesquisadores exploraram observações e relatos relevantes do espaço investigado, utilizando ainda percentuais para mensurar o estudo realizado.

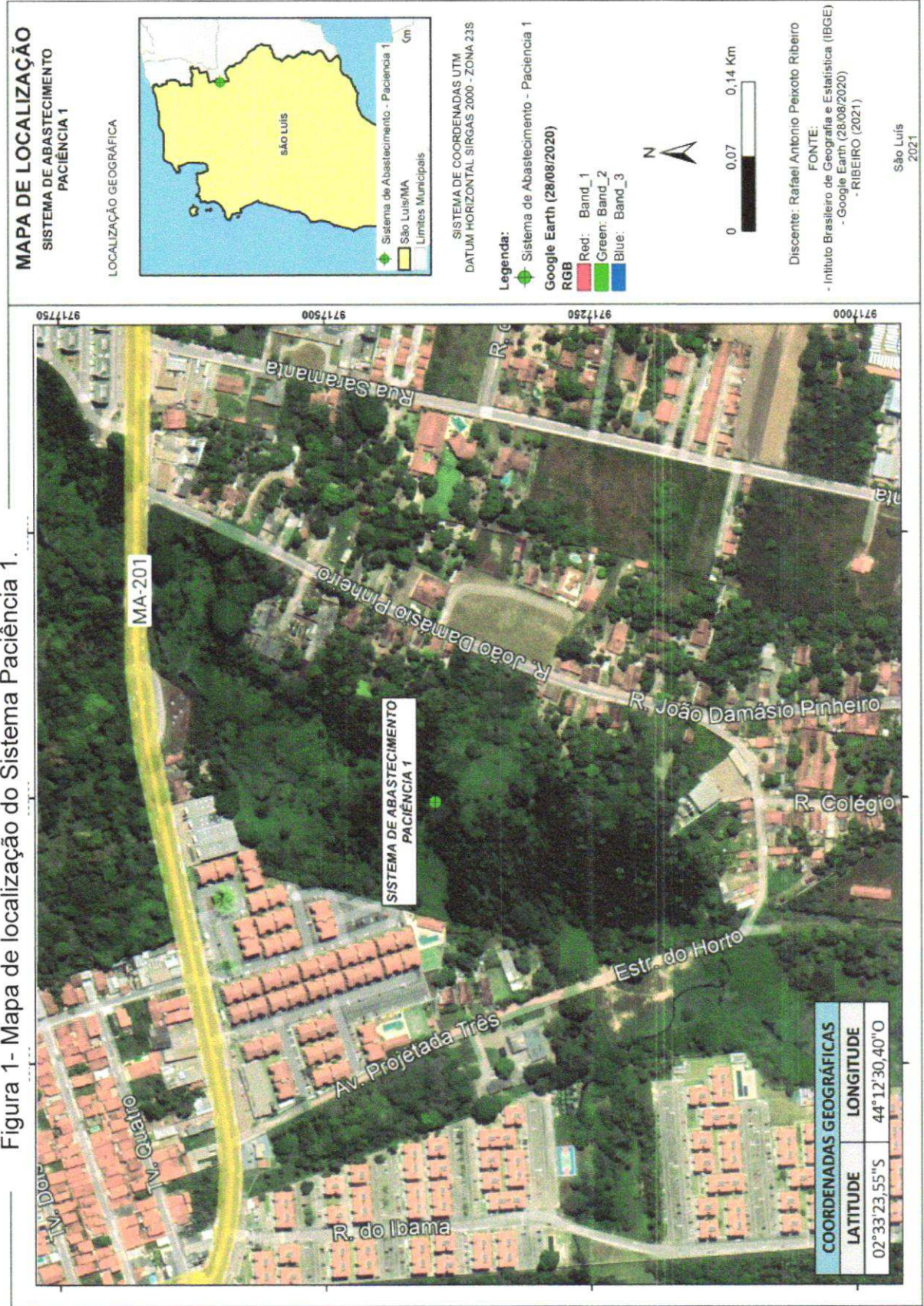
Paulatinamente, as duas abordagens contribuíram para que esta temática fosse desenvolvida de forma concreta, auxiliando de forma explícita no processo investigado.

2.2 Local de Pesquisa

O estudo foi realizado no sistema Paciência I, localizado no bairro Maiobinha. O sistema conta com duas baterias de poço e 258 poços, distribuídos entre o sistema Paciência I e II. Os poços estudados foram o PT-01 e PT-02, também ficam no bairro da Maiobinha.

Os PT-01 e 02 juntos abastecem em torno de 150 mil pessoas na ilha, abrangendo bairros como Cohab, Cohatrac, Itapiracó, Planalto Anil, Cohab Anil, Cruzeiro do Anil, São Bernardo, Forquilha, Planalto Pingão, Aurora, dentre outros. Sendo de responsabilidade da Companhia de Águas e Esgotos do Maranhão (CAEMA).

Figura 1- Mapa de localização do Sistema Paciência 1.



2.3 Instrumento de coleta de dados

A investigação iniciou-se com a entrega da carta de apresentação (APÊNDICE A), do pesquisador ao gestor da instituição. Em seguida, apresentou-se o termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE), conforme é defendido pela Resolução 466/12, que consiste na pesquisa realizada com ser humano (APÊNDICE B) aos membros envolvidos na pesquisa. Posteriormente, fez-se a coleta de dados através de observações, pesquisa bibliográfica e entregou-se o questionário (APÊNDICE C) com perguntas fechadas direcionado aos técnicos de manutenção e ao geólogo responsável, onde tiveram um período para devolverem devidamente respondido.

Para realizar este trabalho de cunho investigativo e teórico a respeito da manutenção dos poços tubulares PT-01 e PT-02 do sistema Paciência e como ela interfere na qualidade da água, utilizou-se a pesquisa quanli-quantitativa, bibliográfica e a observação.

A pesquisa quanli-quantitativa é um processo que possibilita atingir resultados a partir de estudos e propostas desenvolvidas considerando técnicas e métodos para compreensão detalhada dos dados obtidos, transformando-os em dados estatísticos.

A observação, Segundo Lima (2004, p. 38) é "a atividade de localização e consulta de fontes diversas de informação escrita orientada pelo objetivo explícito de coletar materiais mais genéricos ou mais específicos a respeito de um tema". Durante esta fase o pesquisador não pode ter envolvimento com comunidade, grupo ou situação que pretende estudar, observa de maneira espontânea como os fatos ocorrem. Porém permite ao pesquisador maior contato com o objeto estudado e a coleta de dados.

2.4 Análise dos dados

Nessa etapa, os dados coletados através da pesquisa foram analisados, de acordo com as especificidades de cada parâmetro. A turbidez é analisada conforme a relação à situação da água no momento e, para o coliforme fecal e total os resultados baseiam-se na ausência ou presença de micro-organismos, sempre os comparando os valores obtidos com os exigidos pela Portaria MS N° 2914/2011.

Para as demais variáveis físicas e químicas analisadas, a avaliação também foi feita de forma individual; no entanto sabe-se que são parâmetros cujas modificações em termos numéricos se dão em períodos mais longos, e que qualquer apreciação sobre a evolução dos teores deve ser realizada com monitoramento sistemático em várias campanhas.

Os resultados foram apresentados em gráficos de colunas e, cálculos estatísticos elaborado no programa de computador Excel. Citando os autores que embasaram o desenvolvimento do trabalho.

3 MEIO AMBIENTE E TRATAMENTO DE ÁGUA

O equilíbrio dos recursos naturais, o trato e a preservação do meio ambiente, diminuição de emissão de poluentes, destinação apropriada de resíduos e o desmatamento vêm agregando mais espaço nas empresas, em especial nas indústrias, que sempre foram as mais poluidoras (FERREIRA, 2011).

Segundo Wernke (2000, p. 44):

[...] quando se pensa em qualidade de meio ambiente, deve se levar em consideração pontos como a proteção dos consumidores e o desenvolvimento sustentável. Com vista a assegurar a sustentabilidade, as empresas buscam implementar mecanismos de gestão ambiental.

A formatação de regras para um desenvolvimento sustentável deve obedecer ao fenômeno de que o pensamento científico econômico em voga, desconsidera o vetor da preservação ambiental, o que leva ao conceito de um crescimento ilimitado (FERREIRA, 2011).

Atualmente, já não se pode deixar de compreender que agressões ambientais que ocorrem em determinado ponto do globo podem ter repercussão a distância,

afetando mesmo outros continentes, como por exemplo, os casos de acidentes radioativos, as chuvas ácidas e os derramamentos de petróleo nos mares (FERREIRA, 2011).

A contaminação dos solos, das águas e do ar está colocando em risco a sobrevivência da raça humana no planeta, associados à exploração desordenada dos recursos naturais, aumentando o gasto com energia e aumentando a produção de escórias.

Desde o começo do século XXI, o mundo vem passando por inúmeras variações do meio ambiente: vulcões, terremotos, tsunamis, frio e calor intenso, dentre outras. A sociedade empresarial tomou consciência de que não deve somente se preocupar com a evidência produtiva, mas que deve também se preocupar com a preservação ambiental (FERREIRA, 2011).

Mas isso não é somente responsabilidade da sociedade, como também é dos governos. As organizações precisam reorganizar suas estratégias para introduzir a variante ecológica no processo da empresa. O controle de recursos naturais, o tratamento e a preservação ambiental, controle de emissão de poluentes, a destinação do lixo e o desmatamento têm sido considerados obrigações das empresas, principalmente das indústrias.

Defender o meio ambiente não é mais um assunto para ecologistas, mas passou a ser de interesse empresarial, por isso as organizações estão procurando mudar sua teoria sobre satisfação do consumidor e procurando melhorar a vida da sociedade.

Na verdade, a questão ambiental que deve ser examinada em relação a iniciativas de desenvolvimento não se reduz simplesmente a explorar recursos não renováveis de maneira parcimoniosa. Uma visão distinta do processo econômico, levando em conta a dimensão biofísica, as leis e princípios da natureza, é o que se requer (FERREIRA, 2011).

A elaboração de regras para um desenvolvimento sustentável tem que reconhecer o fato de que a ciência econômica convencional não considera a base ecológica do sistema econômico dentro de seu arcabouço analítico, levando assim à crença no crescimento ilimitado.

A ideia de sustentabilidade, por sua vez, implica uma limitação definida nas possibilidades de crescimento. É sobre esse fundamento que é indispensável agregar preocupações ecológicas (ou ecossociais) às políticas públicas no Brasil. Nunca se

falou tanto em sustentabilidade como nos dias de hoje, se tornando um assunto de políticas públicas, a fim de combater fortemente os agravos naturais.

O desenvolvimento sustentável é definido como sendo o desenvolvimento capaz de suprir as necessidades da geração atual, garantindo a capacidade de atender as necessidades das futuras gerações. A água é o fluxo, movimento, circulação. Ela se infiltra no ar, na terra, na agricultura, nas indústrias, nas casas, nos edifícios, em nosso próprio corpo. Por ela e com ela flui a vida e, assim, o ser vivo se relaciona com a água (PORTO-GONÇALVES, 2004).

3.1 Estações de Tratamento de Água (ETA)

A qualidade ambiental tem sido estudada e mostra que o processo de desenvolvimento pode trazer consequências negativas. A urbanização e o crescimento populacional ocorridos nos últimos anos têm sido responsáveis por demandas crescentes de bens de consumo, energia e água para abastecimentos público e industrial, gerando grandes volumes dos mais variados resíduos.

Nos centros urbanos, o abastecimento de água torna-se cada dia mais centrado na qualidade do produto a ser distribuído à população, mas, em contrapartida, as quantidades disponíveis estão mais distantes em função de descuidos do próprio setor responsável pela área sanitária nos municípios.

O saneamento ambiental atualmente exige ações abrangentes e holísticas de integração entre abastecimento de água, coleta e destinação adequada de resíduos sólidos e líquidos, organização coerente das águas pluviais e gerenciamento ambiental integrado ao uso e ocupação do solo.

Essa visão somente poderá surtir efeito com mudança efetiva no gerenciamento integrado do setor. As estações de tratamento de água de abastecimento têm sido projetadas seguindo um padrão em que a preocupação se atém ao produto final a ser distribuído à população. Esse é sem dúvida o objetivo desses sistemas.

No entanto, na operação de uma planta de tratamento estão envolvidos outros fatores que devem ser observados pelos responsáveis. A qualidade da água bruta, os produtos químicos empregados no tratamento, a concepção e o projeto da ETA e as condições operacionais são de fundamental importância para que o funcionamento dos sistemas seja ambientalmente correto.

As características tradicionais do saneamento ambiental são fundamentais na definição estrutural dos rejeitos de ETAs, no entanto devem ser inseridos parâmetros não tradicionais que permitam visão mais abrangente do resíduo. Assim, os valores de sólidos, DQO, metais e pH devem ser determinados. Além deles, deverão ser avaliados a resistência específica, o tamanho das partículas e as estruturas dos sólidos no lodo, a fim de permitir a tomada de decisões na forma de remoção de água dos rejeitos.

Os rejeitos de ETA's são compostos basicamente de partículas do solo, material orgânico carregado para água bruta, subprodutos gerados da adição de produtos químicos e água. As partículas presentes na água a ser tratada são basicamente coloides que conferem à mesma cor e turbidez. Essa característica dificulta a remoção da água livre dos lodos.

Na água superficial normalmente estão presentes metais, como: alumínio, ferro e outros carregados através do escoamento superficial. Além disso, os produtos químicos empregados no tratamento podem conter pequenas concentrações de impurezas que serão transpostas para o resíduo do decantador. A somatória desses aspectos confere aos rejeitos características que devem ser analisadas mais profundamente.

Segundo Hsieh e Raghu (1997), a água presente nos rejeitos de ETAs pode ser classificada em quatro categorias:

- Água livre – parcela de água que se move livremente por gravidade. Essa água pode ser removida com relativa facilidade por meio de sistemas mecânicos ou, naturalmente, por drenabilidade. Também poderá ser utilizada a evaporação. É importante lembrar que o tempo de remoção dessa água é o fator decisivo para definição da forma a ser adotada.
- Água do floco – essa parcela está intimamente ligada à partícula floculada. Para remoção dessa parcela é necessária uma quantidade relativa de energia.
- Água capilar – a água capilar está fortemente ligada à partícula sólida por intermédio de pontes de hidrogênio. A diferença entre esta parcela e a do floco é que esta está livre para se mover, enquanto a capilar se move com a partícula. Assim, para a remoção dessa parcela há a necessidade de aplicação de força mecânica, se o floco for quebrado.

- Água absorvida – parcela ligada quimicamente à partícula sólida coloidal. A remoção dessa água só será possível com aplicação de altas temperaturas ou com aplicação de elevada quantidade de energia elétrica.

As características do rejeito podem ser divididas em função de sua importância e do objetivo do estudo. Assim podem-se classificar as características em:

- Ambientais – para que as questões ambientais sejam analisadas, principalmente quanto à disposição, os seguintes parâmetros são importantes: ph, sólidos, metais, DQO, biodegradabilidade, toxicidade, presença de pesticidas e fertilizantes, compostos orgânicos voláteis, entre outros.
- Geotécnicas – esta caracterização é necessária para evidenciar possíveis formas de remoção de água e de futuras utilizações para os sólidos resultantes. Alguns desses parâmetros são: tamanho e distribuição das partículas, limite de plasticidade e limite de liquidez, resistência específica, respostas ao aquecimento e resfriamento e sedimentabilidade. A determinação desses parâmetros é condição fundamental para o equacionamento da questão dos lodos, seja para definição de condições de lançamento, seja para projetos de sistemas de remoção de água (REALI, 1999).

3.2 Águas subterrâneas

A água subterrânea está situada em formações geológicas subsuperficiais chamadas aquíferos (REBOUÇAS, 2006). Ela corresponde a aproximadamente 30 % da totalidade de água potável da Terra e 94 % de toda a água doce disponível (água doce não armazenada nos glaciares e lençóis de gelo).

Ao contrário de outros recursos naturais ou matérias-primas, a água subterrânea existe em todo o mundo. A possibilidade de ser extraída varia grandemente de local para local, dependendo das condições de precipitação e da distribuição dos aquíferos (ABES, 2009). Geralmente, a água subterrânea apenas é renovada em determinado período do ano, mas pode ser extraída durante o ano inteiro. Desde que o seu reabastecimento seja adequado e que a fonte se encontre protegida da poluição, a água subterrânea pode ser extraída indefinidamente.

A água subterrânea faz parte do ciclo da água Rebouças (2006), portanto, encontra-se intimamente relacionada com processos atmosféricos e climáticos, com o regime de águas superficiais de rios e lagos e com as nascentes e as terras úmidas

que a água subterrânea alimenta naturalmente ao chegar à superfície. Todas estas fontes são complementares umas das outras, mas podem ser extremamente variadas, estendendo-se desde as zonas áridas, onde praticamente não existe água, até as zonas tropicais úmidas com abundante água superficial e elevada precipitação.

A quantidade de água subterrânea envolvida hoje em dia, no ciclo da água é muito menor do que o volume de água subterrânea que se encontra armazenada em estratos porosos a uma profundidade de poucos milhares de metros abaixo da superfície (REBOUÇAS, 2006).

Estima-se que a totalidade dos recursos subterrâneos de água doce seja de cerca de 10.000.000 km³ — mais de duzentas vezes o total dos recursos de água doce renovados anualmente pela chuva (STRUCKMEIER, 2005). Isto acontece porque a maior parte dos recursos de água subterrânea se acumulou ao longo de séculos, ou mesmo milênios. Em alguns locais, eles são testemunhos de climas mais úmidos que existiram no passado.

A enorme quantidade de água doce existente no globo é renovada, anualmente, devido à precipitação atmosférica. Os rios são de primordial importância na distribuição desta quantidade de água.

O Ciclo Hidrológico é a movimentação contínua da água na superfície, por baixo da superfície da terra e entre a terra e a atmosfera. A água está presente em várias formas enquanto ela circula (TUNDISI, 2003). A água na superfície é conhecida como Água Superficial. A água debaixo da superfície da terra é conhecida como Água Subterrânea, enquanto que o vapor de água é chamado água atmosférica. O ciclo hidrológico inclui evaporação e transpiração, condensação do vapor de água na atmosfera, provocando a precipitação e o movimento da água superficial e da água subterrânea na terra. A água da atmosfera chega à terra como precipitação: chuva, neve e granizo.

Depois de atingir a superfície da terra, a água pode (TUNDISI, 2003):

- Infiltrar no solo para se transformar em água do solo, ou penetrar mais para baixo para alimentar a água subterrânea;
- Acumularem-se como água nos lagos, zonas úmidas e oceanos ou como neve e gelo, em zonas frias tais como nos glaciares;
- Escoar como água superficial, de montante a jusante, num trajeto através de cursos de água, rios, lagos, e zonas úmidas;

- Evaporar-se do solo e da superfície das águas ou transpirar da vegetação (coletivamente designada por evapo-transpiração) para se transformar em água atmosférica. Esta, então, está disponível para formar a precipitação quando arrefece e se condensa, completando assim o ciclo hidrológico.

Nas zonas áridas do mundo (ABES, 2009), a água doce é, normalmente, escassa, forçando as populações locais a usar toda a água subterrânea disponível.

Na África Austral, a água subterrânea constitui um recurso crítico devido à limitada disponibilidade e à qualidade variável dos recursos de água superficial. Todavia, uma utilização tão intensiva da água subterrânea deveria ser evitada, uma vez que tal recurso não é sustentável e pode originar alguns riscos, tais como subsidência e fissuração dos solos. A captação de água subterrânea apenas é praticável em casos relativamente raros, nos quais a reserva estática de água subterrânea é, proporcionalmente, muito maior do que a população residente.

No Brasil, as reservas de águas subterrâneas são estimadas em 112.000 km³. Um grande volume dessas águas é destinado ao abastecimento público. A maioria das cidades do Maranhão, São Paulo e Piauí são abastecidas com águas subterrâneas. Essas águas constituem-se uma fonte de suprimento permanente para várias cidades do Brasil (ANA, 2002).

A possibilidade concreta da escassez de água doce começa a tornar-se, cada vez mais, a grande ameaça ao desenvolvimento econômico e à estabilidade política do mundo nas próximas décadas. As disputas pelo uso da água poderão, inclusive, desencadear conflitos e guerras em escala imprevisível (REBOUÇAS, 2006).

Os países que detêm grandes reservas naturais de água doce, como o Brasil é acompanhado de perto como potenciais fornecedores (ONU, 2006). Como a demanda por água potável cresce em todo mundo, este é um mercado de dimensões ainda incalculáveis.

Para a solução desse problema, o passo inicial é o completo conhecimento do ciclo hidrológico, que vai possibilitar correta avaliação da disponibilidade dos recursos hídricos de uma determinada região (REBOUÇAS, 2006). Uma das partes mais importante desse estudo é entender o que acontece com as águas subterrâneas, sem dúvida a menos conhecida do referido ciclo.

A procura crescente de água tem causado a exploração cada vez maior da água subterrânea Melfi (2009), muitas vezes esgotando os aquíferos num ritmo insustentável. Enquanto que o aumento da procura tem forçado ou mesmo esgotado

recursos de águas superficiais, autoridades nacionais e regionais tem se voltado, cada vez mais, para a água subterrânea, um recurso largamente ignorado e mal entendido no passado como uma solução.

Aquíferos são habitualmente definidos como camadas de rocha dura ou sedimentos não consolidados que podem reter quantidades relevantes de água (REBOUÇAS, 2006). Um aquífero que ocorra em sedimentos não consolidados é referido como um aquífero primário (ou tendo porosidade primária), significando que a água é retida nos espaços entre as partículas da rocha. Um aquífero secundário é aquele que ocorre em rocha consolidada, onde a água não é absorvida no interior da rocha, mas sim retida entre maciços de pedra impermeáveis. Estes espaços são fraturas, fissuras ou falhas na rocha, criados quando a rocha se formou, ou mais tarde devido a processos geológicos ou tectônicos.

O nível de água no corpo de uma rocha é conhecido como lençol freático (PENNER, 2007); num aquífero primário este é o nível físico na rocha, até onde a água está presente. Num aquífero secundário, o nível freático constitui uma representação abstrata da quantidade de água retida nos espaços entre as rochas. Num aquífero confinado, o limite superior do aquífero encontra o corpo impermeável não fraturado de rocha que bloqueia ambos os fluxos de água para o aquífero: de cima para baixo (recarga) e a extração da água da parte superior (TODD, 2006).

Aquíferos confinados devem ser recarregados por fluxos laterais de uma zona de recarga adjacente. Um aquífero não confinado não é limitado por uma camada impermeável; ele pode ser recarregado por água que se infiltra do solo, ou em caso da água existente no aquífero estiver sob pressão, esta pode ser infiltrada para a superfície sem restrição.

A água subterrânea é um recurso renovável, alimentado ou recarregado quando a chuva é absorvida através do solo e flui para baixo para se juntar à água já existente no aquífero (REBOUÇAS, 2006). A recarga de água subterrânea ocorre através de:

- Infiltração de precipitação através do solo
- Água de lagos ou rios que se infiltram através dos leitos e margens.
- Vazamentos de fontes adjacentes de água subterrânea
- Recarga artificial de irrigação, fugas de tubagem, injeção direta, etc. Descarga de água subterrânea ocorre através de:
- Evaporação de lençóis freáticos elevados próximos da superfície

- Infiltrações para a superfície em cursos de água ou nascentes
- Fugas para fontes de água subterrâneas adjacentes
- Extração artificial.

Para que a água subterrânea se mantenha disponível para abastecimento, ela tem que ser continuamente alimentada através de recarga dos cursos de água da superfície (PENNER, 2007). Estas fontes normalmente incluem a chuva e correntes de água. O processo e o índice de recarga dependem da natureza do aquífero, uma vez que ela afeta a sua habilidade em receber e armazenar água e controla o seu movimento dentro do aquífero. Por exemplo, tratando-se de aquíferos fraturados, a chuva pode ser uma fonte importante de recarga que eventualmente reemerge como caudal de base nos cursos de água durante a estação seca.

Contudo, se a extração de água subterrânea (por vezes denominada “exploração”) é superior à taxa de recarga, o recurso minguará e pode ser esgotado (TODD, 2006). Em alguns casos, a gestão insustentável de água subterrânea pode conduzir ao colapso de um aquífero, dificultando a extração de água.

A água subterrânea é normalmente explorada através de poços de água subterrânea ou furos (REBOUÇAS, 2006). Estes poços são perfurados através da camada do solo para o interior da rocha até ao lençol freático. Os furos são normalmente perfurados, utilizando sondas montadas em caminhões. A água subterrânea pode ser mantida sob pressão por uma camada confinante; quando a broca penetra o aquífero, a água é libertada sob pressão: isto é conhecido por aquífero artesianos ou poço.

A localização correta de furos depende da geologia de uma determinada área. Um alvo de sondagem é normalmente escolhido para interceptar um aquífero primário ou para interceptar uma grande fissura ou fratura na rocha, permitindo que a água seja bombeada para fora, ou seja, libertada sob pressão (REBOUÇAS, 2006). Furos são localizados utilizando mapas geológicos, fotografias aéreas, imagens de satélites que, combinados com um conhecimento do tipo de rocha e a maneira como foi formada, permite ao geólogo estimar onde é que a água pode ser encontrada.

Adicionalmente, conhecimentos de geomorfologia e das características da água subterrânea a nível local e regional são utilizados para identificar locais potenciais para a perfuração. Em zonas mais secas, a presença de vegetação pode também indicar a presença de água subterrânea.

Devido às características ambientais de interconexão dos corpos hídricos superficiais e subterrâneos (REBOUÇAS, 2006), para que seja possível promover a gestão integrada destes recursos é necessário que se tenha conhecimento da ocorrência e do potencial hídrico dos aquíferos do país. Mais ainda, é necessário fomentar o desenvolvimento do conhecimento das inter-relações entre os sistemas atmosférico, subterrâneo e superficial (ciclo hidrológico). Nesse contexto as informações disponíveis sobre as águas subterrâneas são ainda insuficientes e muito dispersas.

3.3 Características e Parâmetros Físicos de Aquíferos e Poços

Um aquífero subterrâneo pode ser definido como uma unidade geológica saturada, permeável, capaz de transmitir economicamente quantidades significativas de água para poços (FEITOSA, 2008). Os aquíferos mais comuns são areia não consolidada e cascalho. Rochas sedimentares permeáveis como arenito e calcário, rochas vulcânicas e cristalinas fraturadas também podem ser classificadas como aquíferos.

Após a perfuração de poços profundos, quando estes são executados com equipamentos modernos e de acordo com as normas técnicas atuais, é realizado o chamado “teste de vazão” do poço (SAGGIORO, 2005). Este teste consiste em se extrair continuamente uma vazão conhecida e de crescimento escalonado ao longo do tempo, medindo-se periodicamente seu nível dinâmico, sendo que no instante inicial do teste o nível medido é considerado como sendo o nível estático.

Com os resultados obtidos deste teste, determina-se o ponto máximo de trabalho deste poço, ou seja, qual deverá ser a vazão máxima extraída e qual será seu nível dinâmico para esta situação. Outra característica determinada é a “curva de rebaixamento” do poço, a qual representa o rebaixamento do nível dinâmico em função da vazão de trabalho do poço (SAGGIORO, 2005).

Esta curva normalmente é de segundo grau e oferece grau de precisão decrescente ao longo dos anos de operação.

Os testes de bombeamento representam, sem nenhuma dúvida, a forma de mais fácil aplicação e maior garantia em seus resultados, que é usada tradicionalmente para a determinação dos parâmetros hidrodinâmicos dos aquíferos e para a verificação da qualidade da construção das obras de captação de água

subterrânea, além de ser a ferramenta indispensável para a determinação de vazões de exploração de poços (ROCHA, 2007).

Um teste de bombeamento (ROCHA, 2007) é uma operação que consiste no bombeamento de um poço durante certo intervalo de tempo e o registro da evolução dos rebaixamentos em função do tempo.

As variáveis envolvidas no bombeamento de um poço (FEITOSA, 2008) e que devem ser monitoradas são as seguintes:

- Vazão de Bombeamento (Q)
- Rebaixamento do Nível da Água dentro do Poço (s)
- Tempo (t)

A vazão de bombeamento é o volume de água por unidade de tempo extraído do poço por um equipamento de bombeamento. Já o Rebaixamento do nível da água dentro do poço é a distância entre o nível estático (NE) e o nível dinâmico (ND), sendo que o Nível estático (NE) é a distância da superfície do terreno ao nível da água dentro do poço antes de iniciar o bombeamento e o Nível dinâmico (ND) é a distância entre a superfície do terreno e o nível da água dentro do poço após o início do bombeamento.

Assim, a curva de rebaixamento determinada a partir do teste de vazão é representativa do poço apenas naquele momento, sofrendo enormes variações ao longo dos anos. Estas variações são devidas a uma série de fatores:

- Alteração na capacidade de recarga do aquífero;
- Interferência de poços vizinhos perfurados posteriormente ou com alterações em sua condição de exploração
- Alteração do nível estático do aquífero quando do início de operação da bomba;
- Ciclo de operação da bomba;
- Tempo de repouso do poço.

A avaliação da capacidade de exploração de um poço ou de uma bateria de poços é uma tarefa que requer uma série de variáveis, envolvendo tanto o aquífero captado quanto a própria obra de captação. Em geral, para a solução deste problema, adota-se um modelo conceitual.

Por definição, o modelo conceitual é um conjunto de hipóteses que descreve, de maneira ideal, as principais feições do meio hidrogeológico real (FEITOSA, 2008). O método do modelo conceitual é considerado como uma das ferramentas mais poderosas que se dispões para investigar fenômenos físicos (sistemas) complicados,

assim entendidos aqueles sistemas cujo tratamento matemático se afigura praticamente impossível. De acordo com esse método, o sistema real, ou fenômeno, é substituído por um sistema mais simples, fictício ou ideal, passível de tratamento matemático.

No caso do fluxo de água subterrânea para um poço, o método do modelo conceitual tem sido aplicado de forma generalizada (FEITOSA, 2008), tanto para aquíferos das formações sedimentares granulares, quanto para as zonas aquíferas das formações cristalinas fraturadas, cujo domínio é ainda mais complexo (geometria indefinida, descontinuidade, heterogeneidade, anisotropia, etc.).

Os procedimentos para a realização deste tipo de teste são relativamente simples e podem muito bem ser aplicados por um técnico qualificado. Porém, sua preparação prévia é fundamental; é preciso organizá-lo a partir do conhecimento das condições hidrogeológicas locais, e das características de construção do poço, escolhendo o equipamento mais adequado e programando a execução (ROCHA, 2007).

Usualmente, a capacidade específica é expressa em $m^3/h/m$, $L/h/m$, $L/s/m$, não sendo comum utilizar uma medida diferente do metro para expressar o rebaixamento (FEITOSA, 2008). Este parâmetro, em geral, é utilizado para expressar a produtividade de um poço, mas, ressalta-se que isto é válido para o regime estacionário. Para o regime transiente, a capacidade específica decai ao longo do tempo, portanto deve sempre ser associada ao tempo de bombeamento do respectivo valor do rebaixamento.

A vazão específica é um dos parâmetros mais úteis na avaliação de desempenho de um poço (ROCHA, 2007); quedas acentuadas no valor deste parâmetro são em muitos casos sinal de colmatação de seções filtrantes ou de um processo de incrustação. Em geral, quando o decréscimo ultrapassa os 10%, devem-se investigar as causas e alertar o setor de manutenção

3.4 Operação e Manutenção de Poços

A operação e manutenção de poços (ROCHA, 2007), em que o acompanhamento sistemático prevaleça sobre a prática aleatória de tipo corretivo ou emergencial, requerem a elaboração de programas adequados, com base na

uniformização de critérios e procedimentos, na implantação da infraestrutura necessária e na eficiente articulação das equipes encarregadas.

A operação sistemática é concebida como um processo de obtenção e armazenamento de dados que permita avaliar o desempenho do sistema aquífero-poço-bomba ao longo do tempo, em comparação com suas características iniciais. Assim, o conjunto de atividades de operação deve estar orientado para o conhecimento do problema fundamental de exploração de poços, que é o de saber a vazão segura que o aquífero pode fornecer permanentemente, ao longo dos anos e, em decorrência, aperfeiçoar as condições de exploração. A manutenção, por sua vez, consiste em assegurar inspeção regular nos sistemas, efetuar o registro sistemático das condições do poço, equipamentos e materiais em uso, detectarem as causas dos problemas e saná-los, de modo a garantir a eficiência e o bom funcionamento dos sistemas.

Operação e manutenção guardam, portanto, uma estreita relação e interdependência: na operação, a análise da massa de dados produzidos serve para detectar os tipos de problemas apresentados pelo sistema, fornecendo subsídios e pistas para sua solução; cabe à manutenção individualizar o problema, identificar suas causas e aplicar a solução adequada.

Para implantar um programa de operação torna-se necessário, numa primeira etapa, reunir todos os dados históricos de cada poço, complementá-los com medidas e testes atuais e fixar as condições de exploração referidas ao ano base de execução do programa. A segunda etapa, que corresponde à programação propriamente dita, consiste em estabelecer a periodicidade de inspeções e medições, os critérios de processamento e avaliação dos dados e a articulação prática com o setor de manutenção.

A operação de poços abrange dois grupos principais de atividades, que são:

- O controle de funcionamento dos equipamentos de bombeamento;
- O processo de coleta, controle e interpretação de dados.

O programa de manutenção preventiva (ROCHA, 2007) tem como ponto de partida o levantamento dos problemas previsíveis do sistema, cujos indicadores podem ser detectados na fase pré-operatória; estabelece a seguir, a sistemática de execução de medidas, observações e revisões, tanto no poço como no equipamento de bombeamento e prevê a avaliação periódica de desempenho do sistema.

Essas medidas visam o acompanhamento das seguintes condições e indicadores:

- Vazão de produção;
- Nível estático;
- Nível dinâmico;
- Pressão de saída;
- Regime de bombeamento;
- Conservação da área;
- Consumo de energia, entre outros.

A implantação de um programa de operação, tendo como base o conhecimento das condições iniciais de funcionamento do sistema e a instalação permanente de dispositivos e equipamentos de medição, permite avaliar regularmente o desempenho do sistema, aperfeiçoar sua eficiência total, identificar problemas e fornecer indicações para a manutenção preventiva.

Em geral, a sistemática de medições, análises e interpretações é uniformizada nos programas básicos (ROCHA, 2007). As variações mais importantes ocorrem na frequência de obtenção dos dados e no registro de informações adicionais impostas pela operação regular, uma vez que as condições de conjunto tendem a variar com a intensidade e o tempo de exploração. É imprescindível que as unidades de exploração sejam autossuficientes na coleta dos dados; que a equipe responsável produza os melhores dados possíveis e que as interpretações obedeam a técnicas e padrões definidos.

3.5 Vulnerabilidade a poluição das águas subterrâneas

O intenso uso da água e a conseqüente poluição gerada contribuem para agravar sua escassez e gerarem, como conseqüência, a necessidade crescente do acompanhamento das alterações da qualidade da água. O número de estações de monitoramento em operação é pouco expressivo na grande parte dos estados, assim como as variáveis que são avaliadas em cada uma dessas estações.

Geralmente são as estações que estão em operação há pouco tempo, com séries pequenas de observação. Em muitos casos a periodicidade é irregular, o que torna difícil avaliar a situação da qualidade da água na bacia hidrográfica. A condição de vida das populações é mais bem retratada pela abrangência dos serviços de água e esgoto do que pelas reservas hídricas medidas em termos meramente quantitativos.

A qualidade da água está relacionada ao tipo de uso e envolve a avaliação das suas condições físicas, químicas e biológicas relacionando-se à sua potencialidade, quando causa dano à saúde humana. As fontes de contaminação dos mananciais aquáticos podem ser pontuais ou difusas: as primeiras são aquelas que podem ser identificadas, tratadas e controladas, como esgotos domésticos e águas residuais industriais e de animais criados de forma intensiva, enquanto os difusos resultam de um grande número de fontes pontuais individuais, sendo de difícil controle.

A água subterrânea apresenta geralmente excelentes qualidades químicas e físicas, sendo apta para o consumo humano, muitas vezes sem necessidade de tratamento prévio. A contaminação ocorre quando alguma alteração na água coloca em risco a saúde ou o bem estar de uma população (HIRATA, 2003).

Dentre os principais responsáveis pela contaminação das águas subterrânea esta a agricultura. As atividades agrícolas contaminam os aquíferos com uma série de substâncias inorgânicas como: inseticidas, fungicidas, herbicidas e fertilizantes. Dentre os fertilizantes sintéticos destaca-se o nitrogênio que ocorre nas águas subterrâneas na forma de nitratos, que é o composto inorgânico de ocorrência mais amplamente nos aquíferos (HIRATA, 2003).

A preocupação ambiental associada ao nitrato está no fato referente à sua grande mobilidade e persistência em condições aeróbicas. Os compostos inorgânicos são carregados pela chuva ou infiltrados no solo. Outras características físico-químicas também são avaliadas na determinação da qualidade da água para o consumo humano ou para agricultura irrigada.

Dentre eles está a turbidez e a presença de cloro. A turbidez da água se deve a presença de materiais sólidos em suspensão, que reduzem a sua transparência. Podem ser provocado pela presença de algas, plâncton, matéria orgânica e muitas outras substâncias como o zinco, o ferro, manganês e areia, resultantes do processo natural de erosão ou de despejos domésticos e industriais (HIRATA, 2003).

Quando se trata de qualidade procuramos enquadrar as águas dentro de certos parâmetros pré-estabelecidos. No Brasil, o nível aceitável de turbidez é regulamentado pela Portaria do Ministério da Saúde N° 518, de 25 de março de 2004, que determina que o valor máximo permitido 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.

O cloro é um produto químico largamente utilizado na desinfecção das águas para consumo humano, o Ministério da Saúde através da Portaria N° 518, de 25 de março de 2004, que regulamenta sua dosagem, além de obrigar que toda água distribuída para a população deva ter uma concentração mínima de cloro residual livre de 0,2 mg/L. Recomenda ainda, que o teor máximo seja de 2,0 mg/L de cloro residual livre em qualquer ponto de distribuição do sistema de abastecimento. As águas utilizadas no meio rural geralmente são provenientes de poços tipo cacimba, que em sua maioria não recebem nenhum tratamento antes de serem consumidas.

Outros contaminantes bastantes comuns nas águas subterrâneas são os microrganismos patogênicos, incluindo as bactérias e vírus. As fontes mais comuns destes contaminantes são os sistemas de saneamento in situ (fossas e latrinas). A contaminação microbiológica das águas decorre da falta de saneamento básico. Para a mediação da qualidade da água tanto superficial como subterrânea, é usado o padrão de contagem de coliforme (HIRATA, 2003).

O Ministério da Saúde através da Portaria N° 518, de 25 de março de 2004, estabelece que sejam determinados os níveis de coliformes fecais nas águas de consumo humano. Os indicadores de contaminação fecal tradicionalmente aceito pertencem a um grupo de bactérias denominadas de coliformes. O principal representante desse grupo de bactérias chama-se *Escherichia coli*.

Esta Portaria estabelece que sejam determinadas para aferição da portabilidade da água, a presença de coliformes totais e termotolerantes de preferência a *Escherichia coli* e a contagem de bactérias heterotrófica. A mesma Portaria recomenda que a contagem padrão de bactérias não deva exceder a 500 unidades formadoras de Colônias por 1 mililitro de amostra (500 UFC/mL).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O trabalho foi desenvolvido por meio de uma pesquisa de campo, com intuito de analisar como foi realizada a manutenção dos poços tubulares PT-01 e PT-02 do sistema de abastecimento de água Paciência da cidade de São Luís - Ma. Com a análise dos dados foi possível perceber como a manutenção realizada nos poços está diretamente ligada à qualidade da água. Logo em seguida foram dispostos em gráficos e em tabelas os resultados dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos.

4.1 Manutenção dos poços PT-01 e PT-02, como é realizada

Conhecendo a importância da manutenção para o bom funcionamento de poços tubulares, é necessário saber qual tipo de metodologia será utilizada para realizar tal tarefa e, o tempo entre uma e outra. Sabendo-se que há dois tipos de manutenções que podem ser feitas em poços tubulares que são: a preventiva e a corretiva, as duas são bem distintas, enquanto a primeira é realizada de forma gradual sem que existam riscos ao poço, a outra é quando o poço já está em colapso, que geralmente o deixa paralisado.

Diante disto a manutenção preventiva simples foi realizada nos PT-01 e PT-02, na qual se executou a limpeza e desincrustações dos filtros. A limpeza dos poços tubulares consistiu em algumas etapas, as quais foram acompanhadas por técnicos em manutenção, eletricista e supervisionada por um geólogo.

A manutenção de limpeza começou com a retirada dos materiais submersos: bomba, tubulação e os cabos elétricos. Logo depois adicionou o bioaditivo no-rust, em seguida a tubulação de limpeza para que fosse feito o bombeamento de ar comprimido pela tubulação, para que ocorresse a mistura do produto com água. Após o processo anterior os técnicos de manutenção colocaram um escovão rotativo juntamente com a tubulação para que pudessem fazer a limpeza das ranhuras do filtro. As figuras 2 e 3 mostram o momento da retirada da bomba do poço.

Figura 2- Retirada da tubulação.



Fonte: Autor da pesquisa (2019)

Figura 3- Após a retirada da tubulação



Por fim, colocou-se o injetor para o bombeamento da água suja e, os técnicos desceram a tubulação, a bomba e os cabos elétricos. Como vemos nas figuras 4 e 5, logo abaixo.

Figura 5- Preparação para a descida da tubulação



Fonte: Autor da pesquisa (2019)

Figura 4- Descida da tubulação



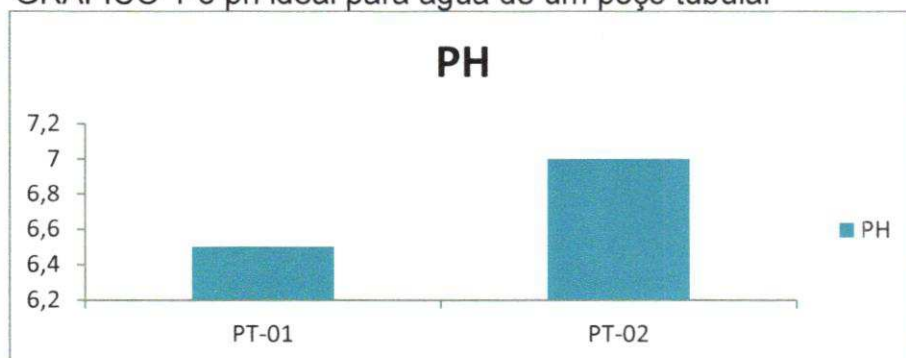
Nossos dados foram similares aos descritos por Silva e Araújo (2003) que apontam a necessidade da manutenção dos poços tubulares para que não ocorra contaminação por agentes externos, uma vez que as águas subterrâneas estão suscetíveis à contaminação por meio de lixões que contaminam o solo, produtos agrícolas (pesticida), industrial (resíduos químicos) e residencial (esgoto). Para Silva (2003) a falta de manutenção além de trazer sérios problemas para os poços tubulares pode acarretar problemas para a saúde humana, uma vez que podem comprometer a qualidade da água que será distribuída para a população.

4.2 Análises dos parâmetros físico-químicas e microbiológicos

A qualidade da água pode ser realizada a partir de alguns parâmetros que constituem fundamentalmente suas características físicas, químicas e biológicas. Tais parâmetros necessitam alinhamento com o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) 396/2008, responsável pelas normas e padrões de potabilidade da água designada ao consumo humano. Em acordo com a portaria, as análises das amostras de água dos poços foram realizadas pela Companhia de Águas e Esgotos do Maranhão (CAEMA) e as informações foram repassadas ao autor da pesquisa para a realização do trabalho. Dentre os aspectos analisados temos: o ph, turbidez, alcalinidade, coliforme fecal e coliforme total.

4.2.1 Ph da água

GRÁFICO 1-o ph ideal para água de um poço tubular



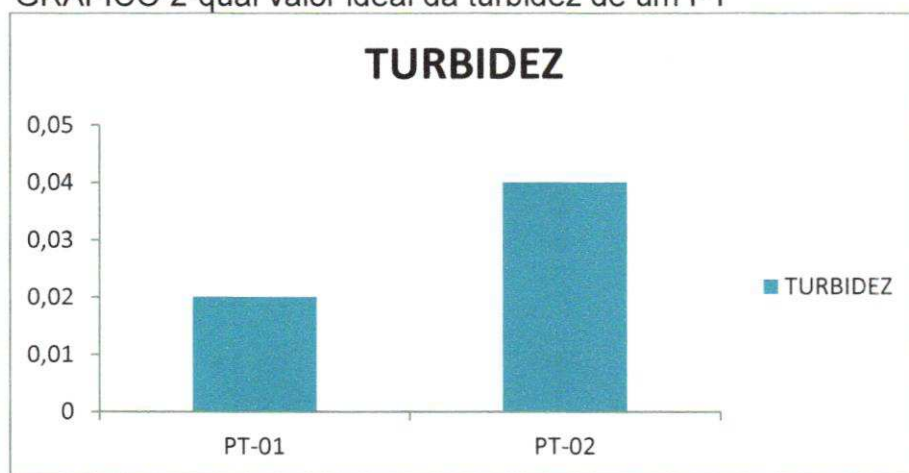
Fonte: Autor da pesquisa (2021)

Os valores encontrados do potencial hidrogeniônico (ph) dos PT-01 e PT0-02 ficaram entre 6,5 e 7,00 respectivamente, os resultados obtidos mostram-se dentro dos valores estabelecidos pelo CONAMA 396/2008.

Sabendo-se que as águas subterrâneas apresentam um ph entre 5,5 a 8,5, nossos achados corroboram com os resultados encontrados por Paludo (2010), o autor salienta que o ph que varia entre tais valores, possui características relativamente básicas e neutras, porém sem sair dos padrões da portaria, fazendo com que a água dos poços se torne própria para o consumo humano.

4.2.2 Turbidez

GRÁFICO 2-qual valor ideal da turbidez de um PT



Fonte: Autor da pesquisa (2021)

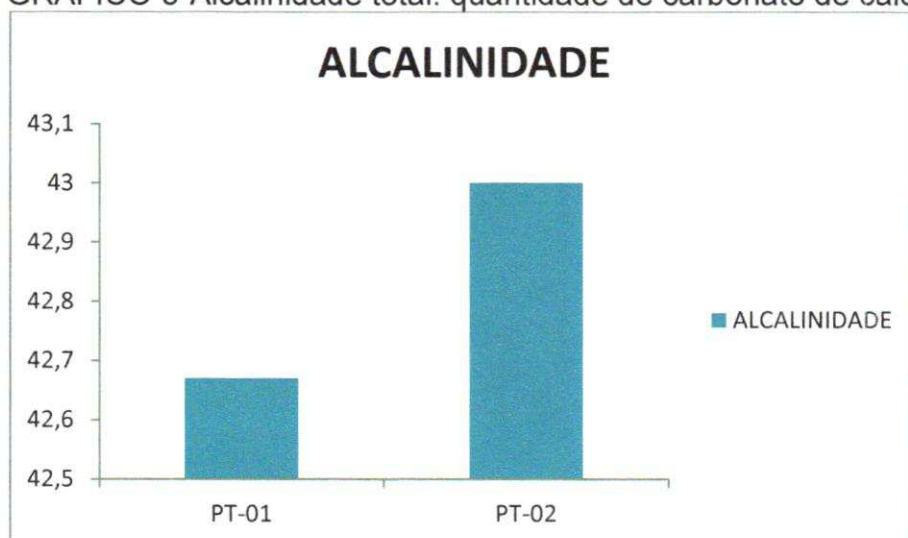
O que indica o grau de turbidez da água é a incidência da luz ao atravessá-la, que acontece devido à absorção e espelhamento da luz ocasionada pelos sólidos suspensos, o que provoca a redução da sua transparência. Diante disto os dados obtidos após as análises mostraram que os PT-01 e PT-02 encontram-se dentro dos valores determinados para a turbidez que estão entre 0,1 e 0,4 UT, apresentando os resultados de 0,02 e 0,04 respectivamente.

De acordo com os resultados de turbidez, notou-se um discreto aumento desse parâmetro entre os poços tubulares 01 e 02. Tal aumento pode ser associado com as alterações na vazão dentro da tubulação durante as coletas, acarretando a soltura de materiais, o que ocasionou o aumento dos valores de turbidez. Mesmo com esse aumento na turbidez dos PT-01 e PT-02, observou-se que os valores encontrados continuaram dentro dos padrões estipulados pela portaria.

Resultados similares foram observados por Sampaio et al. (2007) ele ressalta que a turbidez da água depende da quantidade de partículas sólidas encontradas, porém tais partículas precisam atender os padrões do CONAMA, uma vez que quando estão muito elevadas podem transportar substâncias capazes de alterar o odor e dá sabor a água.

4.2.3 Alcalinidade

GRÁFICO 3-Alcalinidade total: quantidade de carbonato de cálcio (CaCO_3 por mg/L)



Fonte: Autor da pesquisa (2021)

Após análise da alcalinidade total notou-se uma pequena variação entre os poços tubulares, o PT-01 apresentou o valor de 42,67, já o PT-02 43,00 de CaCO_3 , valores abaixo do limite que é de 250 mg/L.

Diante dos resultados encontrados notou-se que a leve variação nos valores aconteceu devido à presença de bicarbonatos, pois partir desse ponto o carbonato de cálcio fica solúvel na água, obedecendo à portaria de consolidação de nº 05/2017. Nossos resultados assemelham-se aos descritos por Silva Filho et al. (2019) o autor ressalva que a alcalinidade é o total de substâncias presentes na que conseguem neutralizar os ácidos. O autor supracitado enfatiza que os valores de alcalinidade das águas subterrâneas está entre 30 a 500 mg/L e, que tal parâmetro está conectado ao pH e aponta que a amostras possuem alcalinidade de bicarbonatos com o pH que varia entre 4,5 e 8,2.

4.3 Coliforme fecal e total

4.3.1 Valor ideal para coliformes fecal e total

Os resultados encontrados após as análises microbiológicas realizadas pela CAEMA mostraram-se dentro do padrão de potabilidade, tanto o PT-01 quanto o PT-02 que não tiveram a presença de coliformes fecal e total.

Sabe-se que o coliforme fecal e total são padrões que precisam está ausentes na água, uma vez que eles podem causar danos à saúde como, por exemplo, infecções intestinais e urinárias, bem como verminoses, um dos principais microorganismos encontrados em águas contaminadas por coliformes é a bactéria *Escherichia coli* como descreve Silva (2003) em seus trabalhos. Nossos resultados estão em consonância com a portaria no 1.469/00 que não permite a presença de coliforme fecal e total, como enfatiza a Uniagua que é necessário que não tenha coliformes na água e, a mesma precisa atender os padrões de potabilidade, pois a sua qualidade está inerente a saúde do homem.

Nossos resultados também foram apresentados por meio de tabela, que mostra os parâmetros analisados, a unidade padrão, os limites referenciais, e os valores encontrados nos PT-01 e PT-02.

Tabela 1-Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras de água dos poços PT-01 e PT-02

Parâmetros analisados	Unidade	Resultado		
		Limites Referenciais	PT-01	PT-02
Ph		De 6,0 a 9,5	6,5	7,00
Turbidez	NTU	Até 5,0	0,02	0,04
Alcalinidade total	mg/L CaCO ₃	Até 250	10,00	12,00
Coliforme fecal	UFC/100 mL	Ausência	Ausência	Ausência
Coliforme total	UFC/100 mL	Ausência	Ausência	Ausência

Fonte: Autor da pesquisa (2021)

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Descrevemos acima, de maneira sucinta, um campo de investigação sobre a manutenção dos poços tubulares e sua ligação com a qualidade da água. Diante disso teve uma breve pesquisa para demonstrar a necessidade da realização da manutenção no processo de potabilidade da água. Que a manutenção quando feita periodicamente melhora a qualidade da água.

Tendo em vista os resultados alcançados com as análises físico-químicas e microbiológicas das águas de poços PT-01 e PT-02, pôde-se concluir que estão dentro dos padrões de potabilidade exigidos pelo COMANA nº 20, portaria 518/2004. Pode-se relacionar tal achado com a manutenção periódica feita pela empresa de abastecimento de água, uma vez que os poços tubulares mesmo sendo provenientes de águas subterrâneas necessitam de limpeza e reparos, para que seus parâmetros fiquem dentro dos estabelecidos pelo CONAMA.

A água é o componente mais representativo da Terra. Constituinte primordial da vida, talvez o recurso mais precioso que o nosso planeta fornece a humanidade. Apesar de se observar mundo afora tanta negligência e tanta falta de entendimento de quão precioso é este recurso, portanto é de se esperar que se tenha pela água grande respeito, que procure conservar seus reservatórios naturais, cuidar da sua pureza.

Sabendo da importância da água potável a presente pesquisa apresenta algumas propostas que poderiam melhorar a qualidade da água distribuída pelo Sistema Paciência, tais como: a manutenção dos poços aconteceria em um período de no máximo três meses. Por mais que os resultados físico-químicos e microbiológicos tenham sido satisfatórios, é notório que as tubulações contribuem para que a água perca sua qualidade no decorrer até chegar às residências. Outro ponto, a troca das tubulações velhas, mesmo que de forma tímida, já deveria ter sido realizada, uma vez que ela compromete a qualidade da água.

Outro fator seria a ampliação do Sistema para mais bairros da cidade, tendo em vista que na área central da cidade ocorre falta de água com bastante frequência, pois o Sistema Paciência conta com uma bateria de poços capazes de mandar água para muitos mais bairros que abrange atualmente.

6 REFERÊNCIAS

ALVERCA, A. T. do N. C. **Reuso de Água**: Interface na Análise Econômica do Meio ambiente. São Paulo: Pétala Edições, 2012.

Brasil. CONAMA. (2005). Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília, 2011.

BRASIL (2008). Resolução CONAMA nº 396, de 07/04/2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 07 de abril de 2008.

CIOCCHI, L. **Para utilizar água de chuva em edificações**. Rio de Janeiro: Travessia, 2013.

CROOK, J. **Crêterios de Qualidade da Água para Reúso**. São Paulo: Edições Universitárias, 2013.

DIAS, Reinaldo. **GESTÃO AMBIENTAL**: Responsabilidade Social e sustentabilidade. São Paulo Ed Atlas. 2011.

FERREIRA, Araceli Cristina de Sousa. **Contabilidade Ambiental**. São Paulo: Atlas, 2012.

FREITAS, M.; COIMBRA, R. **Perspectivas da Hidrometeorologia no Brasil**. Brasília: Plano B, 2010.

GIL, Antônio Carlos. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

HANSEN, S. **Aproveitamento da Chuva em Florianópolis**. Santa Catarina: EDUFSC, 2010.

HESPAHOL, I. **Potencial de Reúso de Água no Brasil**: Agricultura, Indústria, Municípios, Recarga de Aquíferos. Portugal: Ságara, 2012.

KEMPER, K. **O Custo da Água Gratuita**: Alocação e Uso dos Recursos Hídricos no Vale do Curu, Ceará, Nordeste Brasileiro. São Paulo: Contexto, 2012.

LÊDO, Carlos Almeida. **Reaproveitamento de água**. Londrina: Sérpia, 2011.

LEMOS, Sandra Maria de Santana. **Água e sustentabilidade**. Rio de Janeiro: Grampus, 2013.

MAESTRI, R. S. **Análise Custo-Benefício para o Aproveitamento da Água da Chuva em Florianópolis**. Florianópolis: EDUFSC, 2013.

MANCUSO, P. C. S. e SANTOS, H. F. **Reúso de Água**. São Paulo: Editora Manole Ltda. 2013.

MARTINS, José Ferreira. **O consumo de água: entre guerras e possíveis tratados**. São Paulo: Gráfica da Unesp, 2014.

NETTO, J. M. A.; FERNANDEZ, M. F. Y.; ARAUJO, R. e ITO, A. E. **Manual de Hidráulica**. São Paulo: Ed. Edgard Blücher, 2009.

OLIVEIRA, Sérgio de. **Potencial hídrico brasileiro**. São Paulo: Litteris, 2014.

PIRES, Célia Cantanhede. **O sertão e a riqueza de seus mananciais**. São Paulo: Peixoto & Peixoto, 2010.

PEREIRA, Elisabete Monteiro de A.(Orgs). **Cartografias Do Trabalho Docente: Professor (a) - Pesquisador (a)**. Campinas. SP. Mercado de Letras: Associação de Leitura do Brasil - ALB. 1998.

Sampaio, S. C., Silvestro, M. G., Frigo, E. P., Borges, C. M. (2007). Relação entre série de sólidos e condutividade elétrica em diferentes águas residuárias. Irriga, Botucatu, v. 12, n. 4, p.557-562, 2007.

SILVA, R. C. A.; ARAÚJO, T. M. Qualidade da água do manancial subterrâneo em áreas urbanas de Feira de Santana (BA). Ciência & Saúde Coletiva, v. 8, n. 1, p. 1019-1028, 2003.

SILVA, A. B.; SILVA, J. C.; MELO, B. F.; NASCIMENTO, R. F.; DUARTE, J. S.; SILVA FILHO, E. D. Análise microbiológica da água de bebedouros nas escolas publicas da cidade de Esperança/PB. South American Journal of Basic Education, Technical and Technological, v. 6, n. 1, p. 15-26, 2019.

VALENTIM, Sérgio. **Água e desenvolvimento: introdução aos problemas hídricos**. Curitiba, Nonsense, 2011.

VIDAL, H.M. **Reservas e riquezas brasileiras**. Rio de Janeiro: TMG Editores, 2012. www.uniagua.org.br.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Carta de apresentação

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO - UEMA
CENTRO DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIAS EXATAS E
NATURAIS CURSO DE GEOGRAFIA – BACHARELADO

CARTA DE APRESENTAÇÃO

Sr (a).

Diretor (a).

Vimos solicitar a Vossa Senhoria a permissão para que o acadêmico Rafael Antonio Peixoto Ribeiro do **Curso de Geografia-Bacharelado**, desta Universidade, realize suas atividades para o Trabalho de Conclusão de Curso, no período de janeiro a junho de 2021, nesse estabelecimento.

Agradecemos a colaboração dessa instituição com a formação profissional de nossos estudantes.

Atenciosamente,

Profa. Dra Hermeneilce Wasti Aires Pereira Cunha

Diretora do Curso de Geografia-Bacharelado/UEMA – Campus São Luis

APÊNDICE B – Termo de consentimento livre e esclarecido

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você está sendo convidado a participar como voluntário de uma pesquisa para a realização de um TCC, cujo tema é: **MANUTENÇÃO DE POÇOS TUBULARES PROFUNDOS E SUAS IMPLICAÇÕES NA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS**: estudo de caso dos poços tubulares PT-01 e PT-02 do Sistema Paciência em São Luís – MA, de responsabilidade do acadêmico Rafael Antonio Peixoto Ribeiro e o orientador responsável Prof^o Dr. Luiz Jorge Bezerra da Silva Dias.

Acredita-se que o questionário é uma importante ferramenta utilizada pelo pesquisador, pois o mesmo o norteia durante a elaboração dos seus resultados. Logo após a aplicação, as informações coletadas serão analisadas e utilizadas para fins científicos. A empresa pode perguntar qualquer coisa a respeito desse questionário e está livre para aceitar ou recusa-se a participar. Se desistir de participar, poderá retirar seu consentimento ou interromper a sua participação a qualquer momento, sem ser penalizado por isso.

Rafael Antonio Peixoto Ribeiro

Pesquisador

APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO

- 1) Manutenção dos poços PT-01 e PT-02- como são realizadas?
- 2) Qual o ph ideal para água de um poço tubular?
- 3) Qual valor ideal da turbidez de um PT?
- 4) Alcalinidade total: quantidade de carbonato de cálcio (CaCO_3 por mg/L)
- 5) Valor ideal para coliformes fecal e total