



Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA

Campus Caraúbas

Engenharia Civil

**QUALIDADE DA ÁGUA DAS BARRAGENS SUBTERRÂNEAS DO MUNICÍPIO DE
CARAÚBAS-RN**

ALICE ANDRADE SOUZA

**CARAÚBAS - RN
NOVEMBRO/2016**

ALICE ANDRADE SOUZA

**QUALIDADE DA ÁGUA DAS BARRAGENS SUBTERRÂNEAS DO MUNICÍPIO DE
CARAÚBAS-RN**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, como parte dos requisitos para obtenção do Título de Bacharelado em Engenharia Civil.

Orientador:

Prof. Ms. Cibele Gouveia Costa Chianca

Co-orientador:

Prof. Dr. André Moreira de Oliveira

CARAÚBAS - RN

NOVEMBRO/2016

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

S729q Souza, Alice Andrade.
QUALIDADE DA ÁGUA DAS BARRAGENS SUBTERRÂNEAS
DO MUNICÍPIO DE CARAÚBAS-RN / Alice Andrade Souza.
- 2016.
74 f. : il.

Orientadora: Cibele Gouveia Costa Chianca.
Coorientador: André Moreira de Oliveira.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia Civil,
2016.

1. Escassez hídrica . 2. Poços amazonas. 3.
Padrão de potabilidade. 4. IQA. I. Chianca,
Cibele Gouveia Costa , orient. II. Oliveira,
André Moreira de, co-orient. III. Título.

ALICE ANDRADE SOUZA

**QUALIDADE DA ÁGUA DAS BARRAGENS SUBTERRÂNEAS DO MUNICÍPIO DE
CARAÚBAS-RN**

Trabalho de conclusão de curso apresentado
à Universidade Federal Rural do Semi-
Árido - UFERSA, Campus Caraúbas, para a
obtenção do título de Bacharelado em
Engenharia Civil da Universidade Federal
Rural do Semi-Árido.

Orientador:

Prof. Ms. Cibele Gouveia Costa Chianca

Co-orientador:

Prof. Dr. André Moreira de Oliveira

APROVADO EM: 10 de novembro de 2016


Me. Cibele Gouveia Costa Chianca
Presidente


Dr. André Moreira de Oliveira
Coorientador


Me. Francisco Aécio de Lima Pereira
Membro


Me. Marcella de Sá Leitão Assunção
Membro

“Porque eu estou bem certo que nem a morte, nem a vida, nem os anjos, nem os principados, nem as coisas do presente, nem do porvir, nem os poderes, nem a altura, nem a profundidade, nem qualquer outra coisa poderá separar-nos do amor de Deus, que está em Cristo Jesus, nosso senhor. ” Romanos 8:38-39

A meu avô João da Silveira Leite que infelizmente não está mais presente, porém se tornou um grande exemplo para minha carreira profissional, e que um dia eu possa chegar perto de tudo àquilo que você conquistou, meu grande engenheiro.

À minha avó Maria da Conceição, que também não está presente, mas que em vida, tive o prazer de receber todo o amor, carinho e ensinamentos. Sempre te amarei e sentirei sua falta.

Aos meus pais Francisco Fabiano e Magneide Dias por serem meus maiores orgulhos, por todo o amor dedicado, por todos os esforços e ensinamentos que fizeram o que sou hoje. Cada palavra nunca será suficiente para demonstrar todo o agradecimento e sentimentos que tenho por vocês.

AGRADECIMENTOS

Ao meu Senhor Deus, por toda força nos momentos de fraqueza, por toda proteção e cuidado, por tudo àquilo que já me foi dado, e se cheguei até onde cheguei foi graças a ti.

Aos meus pais Fabiano e Magneide por todos os esforços, por sempre acreditar na minha capacidade, por toda a educação que me foi transmitida, que me tornaram o que sou hoje, pela paciência e por toda calma e incentivo nos momentos mais difíceis. Tudo que fiz até aqui foi para que seus esforços fossem recompensados. E nada que eu fizer ou disser irá representar todo o meu amor e orgulho que tenho por vocês.

A minha família, minha base, por todo o apoio, incentivo, ajuda, dedicação, conselhos, companheirismo e ensinamentos: meu irmão Emanuel, meus tios Leila, Rita, Magna e Expedito, minha avó Dolores, minhas primas Nathana e Thamires.

A Garibaldi Jr. por todo o carinho, ajuda, por todo o incentivo, por toda compreensão e paciência, por todos os conselhos, pelos momentos compartilhados ao meu lado. E a Maria Bernadete por todo o carinho e cuidado.

A minha orientadora Cibele Gouveia por todos os ensinamentos repassados, por toda dedicação e incentivo, pelas oportunidades, pela confiança e paciência. Foi um privilégio ter-la como orientadora. Bem como meu co-orientador André Moreira pelo auxílio prestado e pelas contribuições para realização do trabalho.

A minha querida turma: Paulista, Ceará, Layon, Monalisa, Saulo, Adriana, Famela, Jociana e Esdras por todos os momentos de alegrias, raivas, noites sem dormir, das cachorradas, das reclamações, dos xingamentos, das sinceridades, sempre irei guardar todos os momentos, amo vocês.

A minha amiga Tayla, por todo o apoio, por toda ajuda, pela sua amizade, você foi à irmã chata que Deus colocou na minha vida, e que mesmo quando a vida profissional nos separe, mas que essa irmandade possa resistir ao tempo e a distância.

A todos os meus amigos que adquiri nessa fase universitária: Keuri, Kerol, Diogo, Moisés e a todos os outros que não estão listados mas tive o prazer de compartilhar momentos de alegria, tristeza, cumplicidade.

A Professora Solange e sua aluna Mariana por toda ajuda e disponibilidade durante as análises laboratoriais para a realização do trabalho.

A todos meus Professores por todos os conhecimentos repassados.

RESUMO

As regiões semiáridas do Brasil são caracterizadas por baixos índices pluviométricos, distribuição irregular no decorrer do tempo e espaço, e elevada evapotranspiração, que proporciona escassez de água na região. Na busca por alternativas que minimizem os efeitos provocados pela escassez hídrica, a construção de Barragens Subterrâneas foi uma das formas para obtenção e armazenamento de água para melhoria de qualidade de vida da população rural. As barragens subterrâneas são estruturas com a finalidade de barrar o fluxo da água que escoar na superfície e dentro do solo por intermédio de um septo impermeável favorecendo o acúmulo de água, geralmente é comum a construção de poço amazonas à montante da barragem para consumo humano, para dessedentação de animais ou irrigação. Para a água destinada ao consumo humano é necessário que seus parâmetros microbiológicos, físicos e químicos atendam os padrões de potabilidade estabelecidos na portaria do Ministério da Saúde de nº 2914 de dezembro de 2011, para não pôr em risco a saúde da população. Com o intuito de avaliar a qualidade da água armazenada nas barragens subterrâneas no município de Caraúbas, no presente trabalho serão analisados os nove parâmetros que compõe o índice de qualidade da água (IQA) estabelecidos pela CETESB, em 2009. As amostras foram coletadas no município de Caraúbas-RN, na zona rural, no Sítio Timbaúba I, Timbaúba II e Boágua, onde foram analisadas em laboratório os parâmetros de oxigênio dissolvido, coliformes fecais, demanda bioquímica de oxigênio (DBO_5), fósforo total, pH, temperatura, turbidez, sólidos totais e nitrogênio total. Segundo a resolução CONAMA 357/2005 a barragem subterrânea Timbaúba I se enquadra no tipo salobra, Timbaúba II em águas doces classe II e Boágua em águas doces classe I. De acordo com os valores do cálculo do IQA, das amostras coletadas dos poços das barragens subterrâneas, situados Sítio Timbaúba I, Timbaúba II e Boágua, os resultados obtidos foram 61, 69, 73, respectivamente, classificando-os na faixa de IQA razoável, razoável e boa. Apesar de serem águas de origem subterrâneas não atendem aos padrões de potabilidade segundo a portaria.

Palavras-chave: Escassez hídrica, poços amazonas, padrão de potabilidade, IQA.

ABSTRACT

The semi-arid regions of Brazil are characterized by low rainfall, irregular distribution in the time and space, and high evapotranspiration, which provides water scarcity in the region. Looking for alternatives that minimize the effects of the water shortage, the construction of underground dams was one of the ways to obtain and store water for improving the quality of life of the rural population. The underground dams are structures built to block the water flow which flows on the surface and into the ground by an impermeable septum favoring the accumulation of water. It is common building artesian well upstream of the dam for human consumption, quench thirst of animals and irrigation. For water intended for human consumption it is necessary that their microbiological, physical and chemical parameters comply with the potability standards set in the ordinance No. 2914 of December 2011, avoiding to endanger the health of the population. In order to measure the quality of water stored in underground dams in Caraúbas-RN, in this research will be analyzed the nine parameters of the water quality index (WQI) established by CETESB in 2009. The samples were collected in Caraúbas-RN, in the countryside, in Sítio Timbaúba I, Timbaúba II and Boágua. The parameters analyzed in the laboratory were dissolved oxygen, fecal coliforms, biochemical oxygen demand (BOD), total phosphorus, pH, temperature, turbidity, total solids and total nitrogen. According to CONAMA resolution 357/2005 underground dam Timbaúba I fit into the brackish type, Timbaúba II in freshwater II and Boágua in freshwater class I. According to the calculation values of the WQI of the samples collected from wells of underground dams, situated in Sítio Timbaúba I, Timbaúba II and Boágua, the results were 61, 69, 73, respectively, ranking them as reasonable, reasonable and good. Despite being underground source waters, they do not meet the standards of potability according to the ordinance.

Key-words: Water scarcity. Artesian wells. Potability standards. WQI.

Lista de Figuras

Figura 1- Mapa do Semiárido Brasileiro	18
Figura 2- Esquema ilustrativo de uma cisterna rural	20
Figura 3- Esquema funcional do sistema cisterna	20
Figura 4- Açude de Coremas - PB	21
Figura 5- Tipos de poços	22
Figura 6- Esquema ilustrativo de uma barragem subterrânea	23
Figura 7- Representação do poço amazonas à montante da barragem	24
Figura 8- Modelo EMBRAPA	27
Figura 9- Modelo CAATINGA	28
Figura 10- Modelo Serra Negra do Norte, construída em Umarizal-RN.	29
Figura 11- Esquema ilustrativo do modelo COSTA & MELO.	30
Figura 12- Município de Caraúbas-RN	38
Figura 13- Mapa da bacia hidrográfica Apodi/Mossoró.....	39
Figura 14- Análises de chuvas acumulados no estado do Rio Grande do Norte	40
Figura 15- Evaporação total do Brasil	41
Figura 16- Barragem subterrânea no Sítio Timbaúba I	42
Figura 17- Poço à montante da barragem subterrânea. (a) Vista da parede do poço. (b) Vista da água acumulada no poço.....	43
Figura 18- Barragem subterrânea no Sítio Timbaúba II.....	44
Figura 19- Poço à montante da barragem Subterrânea. (a) Vista da parede do poço. (b) Vista da água acumulada no poço.....	44
Figura 20- Barragem Subterrânea no Sítio Boágua.	45
Figura 21- Poço à montante da barragem subterrânea. (a) Vista da parede do poço. (b) Vista da água acumulada no poço.....	46
Figura 22- Coleta das amostras.....	47
Figura 23- Recipientes para coleta. (a) Recipiente para armazenamento da amostra para ensaios físico-químicos. (b) Recipiente para armazenamento de amostra para ensaio bacteriológico.	47
Figura 24- Fluxograma dos parâmetros analisados na pesquisa.....	48
Figura 25- Medidor de temperatura.	49
Figura 26- Método Nefelométrico.	49
Figura 27- Método Eletrométrico	50
Figura 28- Amostra após a secagem na estufa.....	51
Figura 29- Analisador de Oxigênio Dissolvido	52
Figura 30- Aparelho de espectrofotômetro	53
Figura 31- Poço no sitio Timbaúba 1.	59
Figura 32- Poço com eutrofização no Sitio Boágua	63

Lista de Tabelas

Tabela 1- Componentes Gerais de uma barragem subterrânea.	24
Tabela 2- Parâmetros de Qualidade da Água do IQA e respectivo peso.	32
Tabela 3- Classificação das faixas do IQA.....	33
Tabela 4- Teor de saturação de Oxigênio Dissolvido.....	55
Tabela 5- Classificação das faixas d IQA.....	56
Tabela 6 - Resultados dos parâmetros avaliados sob a amostra no Sítio Timbaúba I.....	58
Tabela 7-Série de Nitrogênio da amostra de Timbaúba I.....	59
Tabela 8- Resultados dos parâmetros de IQA no Sítio Timbaúba II.....	60
Tabela 9- Série de nitrogênio da amostra do Sítio Timbaúba II.....	61
Tabela 10- Resultados das análises de IQA no Sítio BoÁgua.....	61
Tabela 11- Série de nitrogênio da amostra do Sítio Boágua	62
Tabela 12- Cálculo do IQA para água do poço da barragem subterrânea - Timbaúba I.....	68
Tabela 13- Cálculo do IQA para água do poço da barragem subterrânea - Timbaúba II	69
Tabela 14- Cálculo do IQA para água do poço da barragem subterrânea - Boágua	69
Tabela 15- Avaliação da qualidade da água	70

Lista de Gráficos

Gráfico 1- Média da precipitação referente aos últimos 20 anos no município de Caraúbas.	40
Gráfico 2-Curva média de Variação da qualidade.....	54
Gráfico 3- Curva média de Variação da qualidade- OD.....	55
Gráfico 4- Curva média de Variação da qualidade- Temperatura.....	56
Gráfico 5- Precipitação Pluviométrica de Caraúbas - 2016.....	57
Gráfico 6- pH médio das três barragens analisadas.	64
Gráfico 7- Temperatura média das três barragens subterrâneas.	64
Gráfico 8- Turbidez média das três barragens.....	65
Gráfico 9- Resultados de DBO e OD das três barragens.....	66
Gráfico 10- Valores de Coliformes Termotolerantes nas três barragens.....	66
Gráfico 11- Dados de nitrogênio das três barragens.....	67
Gráfico 12- Dados de fósforo das três barragens.....	68

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABAS	Associação Brasileira de Águas Subterrâneas
ASA	Articulação no Seminário Brasileiro
CPTASA	Centro de Produção de Tecnologia do Trópico Semiárido
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EMPARN	Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte
EMATER	Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
IQA	Índice de Qualidade da Água
MS	Ministério da Saúde
NAAE	Núcleo de Análises de Águas, Alimentos e Efluentes
OD	Oxigênio Dissolvido
ONGS	Organizações não Governamentais
pH	Potencial Hidrogeniônico
SDT	Sais Dissolvidos Totais
UFERSA	Universidade Federal Rural do Semi-Árido

SUMARIO

1.	INTRODUÇÃO.....	15
2.	OBJETIVO	17
2.1	Objetivos Específicos	17
3.	REFERENCIAL TEÓRICO.....	18
3.1	Escassez Hídrica no Semiárido.....	18
3.1.1.	MÉTODOS DE COMBATE À ESCASSEZ HÍDRICA.....	19
3.1.1.1.	Cisternas	19
3.1.1.2.	Barragem superficial	20
3.1.1.3.	Poços	21
3.2	Barragens Subterrâneas.....	23
3.2.1.	HISTÓRICO	25
3.2.2.	TIPOS DE METODOLOGIAS DE BARRAGENS SUBTERRÂNEAS	26
3.2.2.1.	MODELO EMBRAPA	26
3.2.2.2.	MODELO ASA BRASIL (CAATINGA)	27
3.2.2.3.	MODELO SERRA NEGRA DO NORTE	28
3.2.2.4.	MODELO COSTA & MELO	29
3.3	Índice de Qualidade das Águas (IQA).....	31
3.3.1.	RESOLUÇÃO CONAMA 357/2005	33
3.3.2.	PARÂMETROS	34
4.	METODOLOGIA.....	38
4.1	Caracterização da Área de Estudo	38
4.1.1.	CLIMA:	39
4.1.2.	BARRAGENS SUBTERRÂNEAS EM CARAÚBAS-RN:.....	41
4.2	Desenvolvimento da pesquisa:.....	46
5.	RESULTADOS E DISCURSSÕES.....	57
5.1	Dados pluviométricos.	57
5.2	Análises dos parâmetros da qualidade de água.....	57
5.3	Calculo do IQA e classificação da qualidade de água.	68
6.	CONCLUSÃO.....	71
7.	REFERÊNCIAS	72

1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural fundamental para toda a vida na terra. Segundo Silva *et al* (2007, p.121), a mesma é utilizada para diferentes atividades humanas, possibilitando qualidade de vida ao homem, como no abastecimento da população, na irrigação, na produção de alimentos, na produção de energia, entre outros.

Entretanto, a água é um bem esgotável, sendo a escassez hídrica decorrente de causas naturais; da exploração exacerbada dos recursos, ocasionada pelo aumento da demanda de água; e, da crescente deterioração de sua qualidade, devido a poluição indiscriminada.

As regiões semiáridas do Brasil são caracterizadas por baixos índices pluviométricos, distribuição irregular no decorrer do tempo e espaço, e elevada evapotranspiração, proporcionando escassez de água na região. Estas características induzem ao homem na busca por alternativas que assegurem o fornecimento de água, para seu consumo e o desenvolvimento de suas atividades. A construção de açudes, barragens superficiais e subterrâneas, implantação de poços e cisternas, são ações de combate ou prevenção durante os eventos severos da seca.

Dentre as alternativas de atenuação da escassez hídrica pode-se destacar a construção de barragens subterrâneas, as quais podem fornecer água para agricultura, consumo doméstico e dessedentação de animais. As barragens subterrâneas são estruturas que tem por finalidade barrar parte do fluxo da água da chuva que escoar na superfície e dentro do solo através de um septo impermeável, favorecendo o acúmulo de água à montante do septo, resultando em um substrato úmido para cultivos e suporte para consumo (EMBRAPA, 2011; OLIVEIRA, 2001). Segundo Silva *et al* (2007) são estruturas eficazes, de baixo custo, simples e práticas de serem implantadas.

A portaria do MS de nº 2914, de dezembro de 2011, determina que toda água destinada a consumo humano resultante de um sistema coletivo ou uma solução individual, deve ser submetida a uma avaliação e monitoramento de sua qualidade. Por consequência estabelece padrões de potabilidade, que são os limites máximos para os parâmetros microbiológicos, físicos e químicos presentes na água, para não pôr em risco à saúde da população.

O Índice de Qualidade da Água (IQA) utilizado pela CETESB (2009), tem o propósito de avaliar e monitorar a qualidade da água segundo suas características organolépticas, químicas e microbiológicas através de nove parâmetros, informando a população em qual estado de qualidade a água se encontra e sua forma correta de utilização.

As barragens subterrâneas podem disponibilizar água para população fixada em suas proximidades, e apesar da mesma ser armazenada no subsolo, a sua qualidade pode não atender aos padrões de potabilidade necessários para o consumo humano primário, sendo fundamental o monitoramento de suas características.

2. OBJETIVO

Avaliar a qualidade de água em três barragens subterrâneas na zona rural do município de Caraúbas-RN.

2.1 Objetivos Específicos

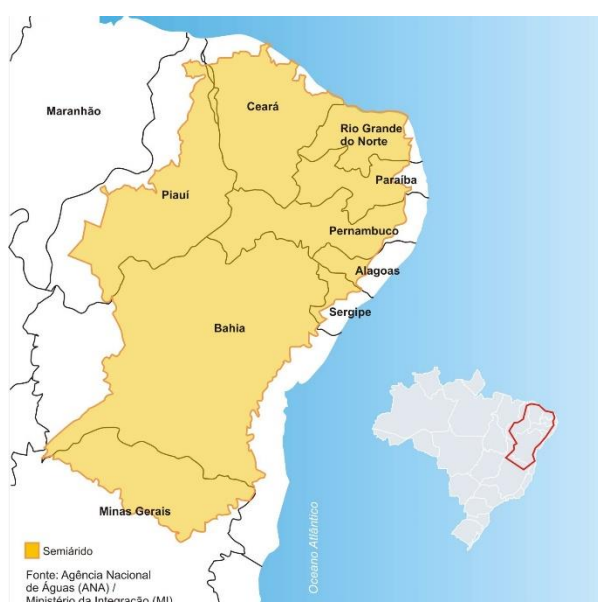
- Obter o índice de qualidade da água de três das barragens subterrâneas, segundo a metodologia sugerida pela CETESB (2009).
- Avaliação da qualidade da água levando em consideração a Portaria de nº 2914/2011, a resolução CONAMA 357/2005 e sua utilização.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Escassez Hídrica no Semiárido

O Semiárido brasileiro ocupa uma área territorial 969.589,4 km², que engloba os estados do Rio Grande do Norte, Paraíba, Ceará, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Piauí, Bahia, e uma parte do norte de Minas Gerais, segundo é exposto na figura 1. De acordo com Souza *et al.* (2015), as médias anuais pluviométricas dessa área são inferiores a 800 mm, com temperaturas de 23° a 27°C, resultando em uma taxa de evaporação de 2000 mm, isso significa que a quantidade de água evaporada é 2,5 vezes maior que a média de chuvas da região.

Figura 1- Mapa do Semiárido Brasileiro



Fonte: ANA, 2016

Na região semiárida a instabilidade climática é mais afetada por sua irregularidade que pela escassez, formando um grande obstáculo à permanência do homem no meio rural, decorrente à falta de água até mesmo para suprir suas necessidades básicas. Devido à necessidade de sobrevivência das famílias nesse cenário de adversidades climáticas, é fundamental a implantação de técnicas ou obras com a finalidade de armazenar água da chuva para períodos de estiagem (BRITO *et al.*, 1999; SILVA *et al.*, 2010).

Órgãos governamentais e organizações não-governamentais (ONGs) tem executado várias técnicas com foco de captação e armazenamento de água com o intuito de garantir

obtenção de água e melhoria da qualidade de vida das populações que vivem nas regiões semiáridas do nordeste do Brasil.

3.1.1. MÉTODOS DE COMBATE À ESCASSEZ HÍDRICA

O combate ao problema da escassez hídrica no Semiárido vem sendo enfrentado através da implantação de infraestruturas hidráulicas, isoladas ou combinadas, recorrendo muitas vezes à técnicas antigas, utilizadas por pequenos agricultores, as quais são adaptadas para as necessidades atuais, dentre elas destacam-se poços, barragens superficiais e subterrâneas e cisternas.

3.1.1.1. Cisternas

As cisternas são reservatórios enterrados ou semienterrados, que utiliza a técnica de captação e armazenamento de água das chuvas para atender a demanda de consumo humano no período de estiagem. Gnadlinger (1999) e Nunes (2011) mencionam os seguintes tipos de cisternas:

- Cisterna de placa de cimento;
- Cisterna de tijolos;
- Cisterna de cal;
- Cisterna de PVC/ Polietileno;
- Cisterna de concreto com tela de Arame

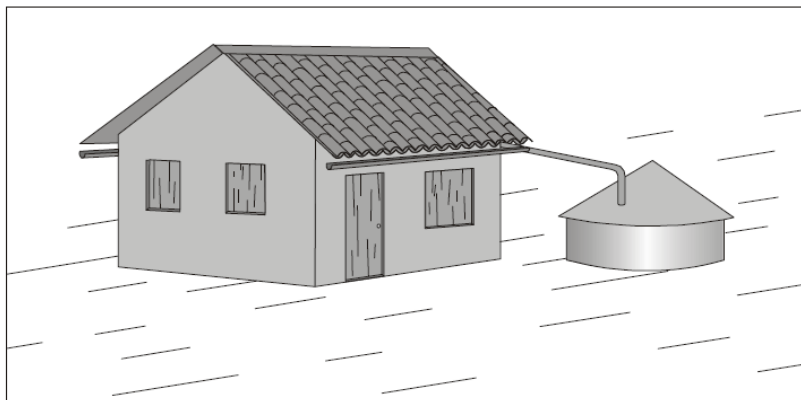
Oliveira, Knuz & Perdomo (2005) caracterizam dois modelos de cisternas:

- Para captação de água do telhado;
- Para captação de água de áreas pavimentadas ou áreas de drenagem.

As cisternas construídas com a finalidade de interceptar a água de chuva têm características de recolher pequenas quantidades de água, sendo o tamanho do reservatório de armazenamento depende do consumo, da área do telhado e da quantidade de chuva que cai na região (SOUZA *et al.*, 2008).

A captação pelo telhado utiliza calhas instaladas nas testeiças para o recolhimento de águas de chuvas e conduzir em direção as cisternas ou depósitos como recipientes para armazenamento, como é ilustrado na figura 2.

Figura 2- Esquema ilustrativo de uma cisterna rural



Fonte: PORTO *et al.*, 1999.

O sistema cisterna é formado pela passagem dos componentes apresentados na figura 3.

Figura 3- Esquema funcional do sistema cisterna



Fonte: OLIVEIRA, KNUZ & PERDOMO, 2005.

Quando há muita sujeira acumulada na superfície de captação, as águas da primeira chuva capaz de lavar a sujeira não devem ser armazenadas na cisterna, devem ser automaticamente desviadas. O projeto adequado de uma cisterna deve incluir barreiras físicas de proteção, ou seja, dispositivos para desviar automaticamente as primeiras águas de cada chuva ou, pelo menos, remover detritos da linha de fluxo. As primeiras águas levam alguns minutos para lavar a área de captação, cerca de 1 a 2 litros por m² de telhado (ANDRADE NETO, 2004).

3.1.1.2. Barragem superficial

As barragens superficiais são construções utilizadas para reter águas dos rios, com o objetivo de suprir água durante os períodos de seca e amenizar o problema da escassez de recursos hídricos na região, de modo a ser utilizado para irrigação, criação de gado, pesca e uso doméstico, como pode ser visto na figura 4.

Figura 4- Açude de Coremas - PB



Fonte: <http://www.panoramio.com/photo/83272626>

Existem duas formas de acumulação de água em barragens superficiais, o primeiro são grandes reservatórios com capacidade de regularização plurianual, em bacias hidrográficas de maior porte, onde suportam grandes volumes, porém estão presentes em menor quantidade. A segunda forma de acumulação é o emprego de pequenos reservatórios com menores capacidades, os chamados barreiros, espalhados em maior quantidade. Os altos índices de evaporação potencial, acarretam um sério problema à política de acumulação de água, especialmente os pequenos reservatórios que não resistem aos efeitos da seca prolongada (CIRILO, 2008).

De acordo com o Beltrão (2005), no município de Caraúbas/RN possui alguns açudes: Apanha Peixe (10.000.000 m³/público), Santo Antônio de Caraúbas (público), Do Governo ou Vila de Caraúbas (11.110.000 m³/público), Sabóia (676.000 m³/Público), Comunitário (1.450.000 m³/comunitário), Jordão (100.000 m³/comunitário) e Baixa dos Defuntos (1.000.000 m³ /comunitário). O padrão de drenagem é o dendrítico e todos os cursos d' água têm regime intermitente.

3.1.1.3. Poços

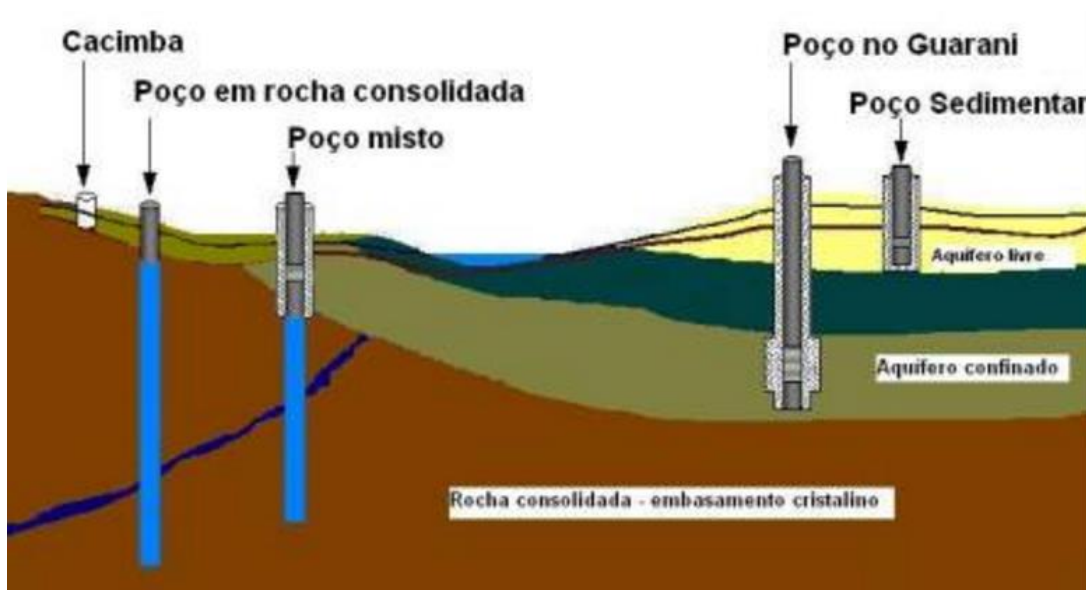
A técnica de perfuração de poços rasos é empregada desde os antigos egípcios. É um processo que consiste em captar a água que se encontra armazenada no lençol freático. Na região Semiárida, a abertura de poços é uma das técnicas mais empregadas para o suprimento de água.

Existem poços artesianos que água é jorrada naturalmente e outros que dependem do auxílio de uma bomba para retirada de água. De acordo com a Associação Brasileira de Águas Subterrâneas - ABAS (2016) os poços podem ser classificados em:

- Cachimba, poço raso, cisterna ou poço amazonas;
- Poço perfurado em rochas consolidadas ou cristalinas. Também conhecido como semi – artesiano;
- Poço perfurado em rochas inconsolidadas e consolidadas. Pode ser chamado de Poço Misto e também semi – artesiano;
- Poço no Aquífero. Poço perfurado em rochas consolidadas e inconsolidadas, com grandes diâmetros (até 36”) e profundidades (até 1.500 metros). Também chamado de artesiano, jorrante ou não;
- Poço Sedimentar, perfurado em rochas geralmente inconsolidadas. Pode ser chamado também de semi – artesiano;

Na figura 5 é visualizado os tipos de poços classificados pela ABAS (2016).

Figura 5- Tipos de poços



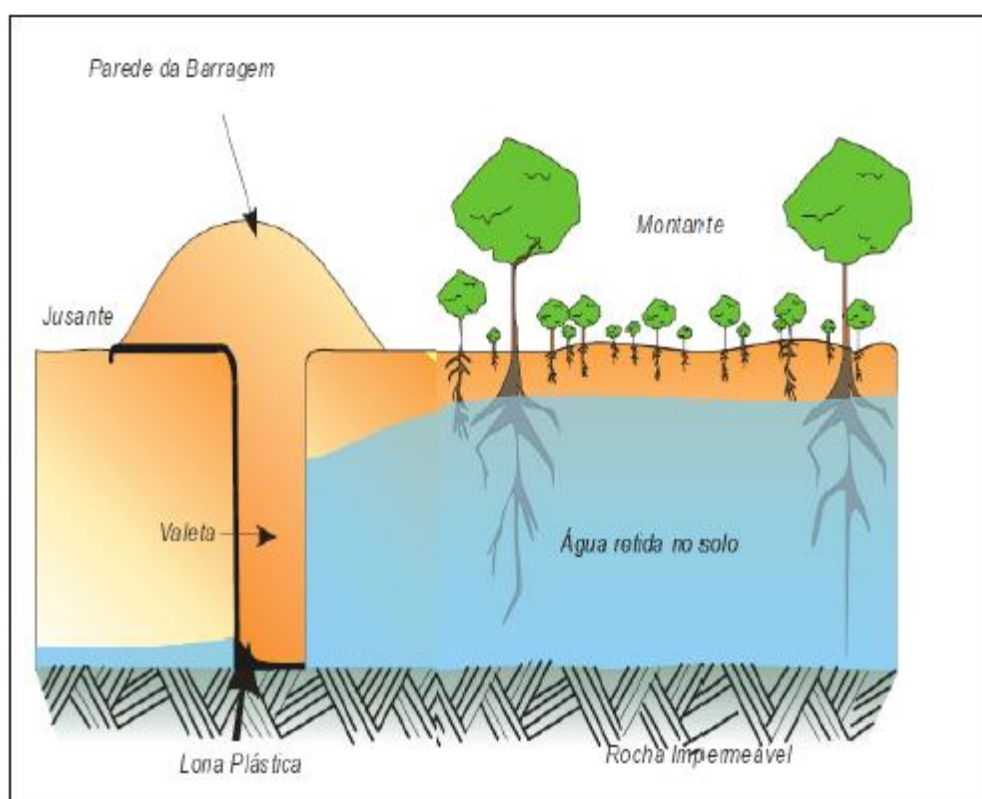
Fonte: http://www.abas.org/educacao_pocos.php

Dados levantados pelo IBGE (2010) revelam que no município de Caraúbas possui cerca de 150 poços ou nascentes nas propriedades e 463 poços ou nascentes fora das propriedades, sendo utilizados como forma de abastecimento da própria população.

3.2 Barragens Subterrâneas

Segundo a Embrapa (2011) e COSTA *et al.* (1998), a barragem subterrânea é uma técnica com o objetivo de barrar parcialmente o fluxo de água de chuva que escoar na superfície e dentro do solo, armazenando-a, através de um septo impermeável que favorece o acúmulo da água durante o período de estiagem. Do local do barramento para montante a água vai sendo acumulada, enquanto para jusante, o nível irá continuar baixando com o tempo, devido ao escoamento e evaporação. Conforme é ilustrado na figura 6.

Figura 6- Esquema ilustrativo de uma barragem subterrânea



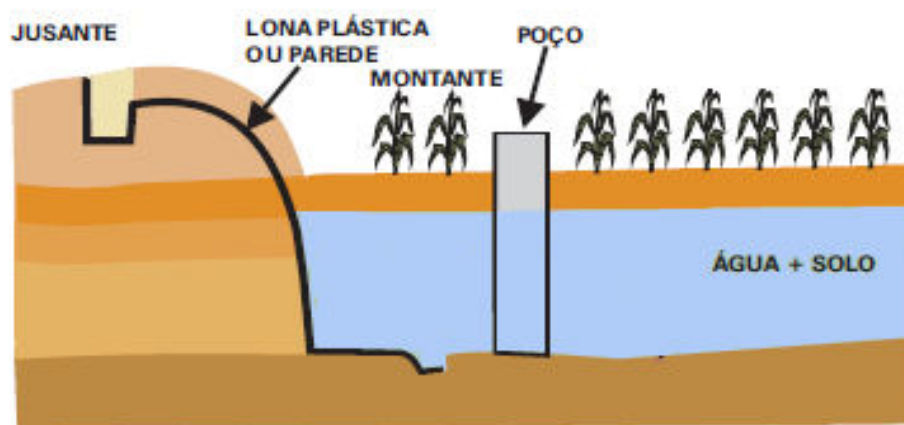
Fonte: SALES JUNIOR, 2015.

Essa barragem é uma obra hidro ambiental que busca suprir as demandas hídricas para consumo humano, animal e agrícola, especialmente em regiões árida e semiárida, sendo bastante difundida no semiárido do Brasil e em países da África e Ásia, como Mali, Turquia e Arábia Saudita. A mesma tem contribuído para melhor convívio das famílias residentes nessas regiões, diminuindo os riscos da agricultura dependente de chuva (LIMA *et al.*, 2013; BARBOSA *et al.*, 2008).

De acordo com a Brito *et al* (1989), as barragens subterrâneas são obras de baixo custo e fácil operação, capazes de serem executadas por mão de obra local, e diferente dos barramentos superficiais, não inundam terras potencialmente agricultáveis.

Silva *et al* (2007), relata que é comum a construção de poço amazonas à montante da barragem (Figura 7) de forma a favorecer a utilização da água para consumo humano, para pequenas criações de animais e irrigação de outras áreas da propriedade, permitindo assim a renovação da mesma no barramento. Diante disso, há a necessidade de acompanhamento periódico dos parâmetros físicos, químicos e biológicos da água dos poços, de forma a avaliar sua qualidade para os diversos fins.

Figura 7- Representação do poço amazonas à montante da barragem



Fonte: Adaptado de MELO, 2011.

Apesar da simplicidade da construção da barragem subterrânea, Silva (2013) dá ênfase nos cuidados em sua construção, devendo-se observar principalmente a escavação da trincheira e a execução do septo impermeável, afim de evitar problemas relacionados ao não acúmulo de água na barragem. Segundo o mesmo autor, os componentes gerais de uma barragem estão apresentados na tabela 1.

Tabela 1- Componentes Gerais de uma barragem subterrânea.

Componente	Descrição
Área de captação	Bacia hidrológica delimitada por divisor de água topográfico e freático.
Área de plantio	Própria bacia hidráulica da barragem.

Septo impermeável (lona ou concreto)	Barramento do fluxo de água ou parede da barragem, cuja função é interceptar o fluxo de água superficial e subterrâneo e com isso elevar o nível do lençol freático. No caso de septo de lona plástica, recomenda-se que a retroescavadeira deixe o ambiente da vala o mais limpo possível, de maneira a evitar pontas rochosas que perfurem a lona, além de impedir a entrada de pessoas para realizar tal acabamento. A lona plástica de 200 micras deve ter a largura adequada à profundidade da vala, além de 0,5 m para repousar no fundo da vala e mais 1 m para repousar sobre o leito do riacho. Utilizam-se pedras para sustentação da lona no leito do riacho. No caso de diafragma de concreto, este é utilizado em aluviões de grande espessura e que exijam grandes rebaixamentos do lençol freático durante sua execução.
Sangradouro	Tem a finalidade de permitir o controle do nível d'água na bacia de acumulação e assegurar a aeração adequada às plantas no período de maior fluxo subterrâneo e a renovação da água no período das chuvas para evitar possível acumulação de sais
Poço amazonas	São feitos comumente com anéis pré-moldados que variam de acordo com os fabricantes, porém é comum encontrá-los com 1,5 m de diâmetro e 0,5 m de altura.
Drenos	Dispositivo de drenagem opcional ou inserido na ausência do poço amazonas, que é utilizado para aumentar permeabilidade do solo e facilitar o escoamento da água.

Fonte: SILVA, 2013.

3.2.1. HISTÓRICO

Costa (2002) relata que o uso de barragens de fluxo da água subterrânea vem sendo utilizada desde o século XVIII no Norte e Sudeste da África, Índia, Israel e Irã. E os primeiros trabalhos realizados utilizando a técnica de armazenamento de águas no subsolo foram na Califórnia por volta de 1895.

No Brasil, ainda segundo Costa (2002) os primeiros relatos de barragem subterrânea construída foram em 1919 na região semiárida na Paraíba, e 1920 no estado do Rio Grande do Norte.

Para IPT- Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (1981) a construção de barragens subterrâneas ocorreu com ênfase, no Nordeste brasileiro, a partir de 1935, em Mossoró, RN, através da Inspetoria de Obras Contra as Secas, que tinha como um dos objetivos, a construção de barragens subterrâneas em rios intermitentes da região.

Em meados da década 80, o IPT-Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo construiu barragens subterrâneas nos estados do Ceará e Rio Grande do Norte, com a implantação de uma cacimba à montante das barragens para monitorar a qualidade da água (COSTA, 2002).

Santos & Fragipani (1978), classificam dois tipos de grupos de acumulação hídrica subterrânea: submersas e submersíveis. A primeira compreende-se em um barramento que possui sua parede totalmente dentro do solo, barrando apenas o fluxo de água. Na segunda consiste numa parede ou septo impermeável, que parte da camada impermeável ultrapassa

0,70 acima da superfície do terreno, barrando o fluxo de água superficial e subterrâneo (SILVA *et al.*, 2007). A partir do início dos anos 80, passa a ser utilizado o termo “barragens subterrâneas” para denominar as construções com septo impermeável, abaixo e acima do solo.

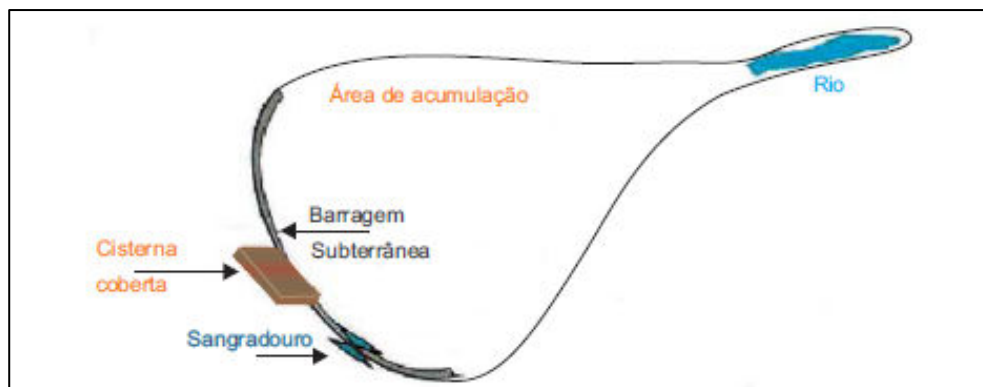
3.2.2. TIPOS DE METODOLOGIAS DE BARRAGENS SUBTERRÂNEAS

A classificação dos modelos de barragens subterrâneas no nordeste brasileiro está baseada na sua complexidade, nos custos de implementação e nos custos operacionais (SILVA, 2013). Atualmente existem quatro métodos construtivos de barragem subterrânea: a primeira delas foi desenvolvida por pesquisadores do Centro de Produção de Tecnologia do Trópico Semiárido (CPTASA), atualmente Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA-SEMIÁRIDO); a segunda metodologia foi denominada modelo CAATINGA, utilizada por uma organização não-governamental, com atuação no semiárido do Estado de Pernambuco; a terceira é o modelo desenvolvido na Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), proposto por COSTA & MELO (LIMA *et al.*, 2013); e a quarta é o modelo de Serra Negra do Norte, desenvolvida na cidade de mesmo nome, localizada no Rio Grande do Norte.

As barragens dos modelos EMBRAPA, CAATINGA e Serra Negra do Norte são classificadas de tipo Submersíveis e o modelo COSTA & MEO é do tipo submersa.

3.2.2.1. MODELO EMBRAPA

Modelo desenvolvido no início da década de 80 em Petrolina/PE pelo grupo de pesquisadores CPATSA/EMBRAPA. Costa (2004) descreve que as etapas básicas construtivas desse modelo são: escavação em arco; elevação de parede a jusante da escavação; impermeabilização da escavação e da parede; construção do sangradouro em cimento alvenaria ou concreto; construção de cisterna coberta com telhado a jusante da barragem; construção de filtro de areia ou carvão na área escavada; e instalação da tubulação através do filtro até a cisterna. Seu detalhamento pode ser visto na figura 8.

Figura 8- Modelo EMBRAPA

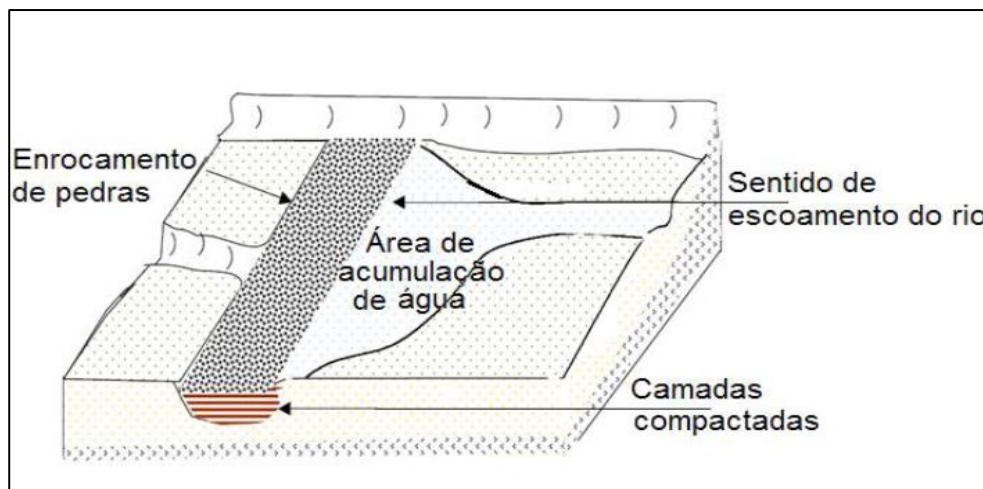
Fonte: COSTA, 1997.

Segundo Oliveira, Alves & França (2010), as vantagens que o modelo construtivo da EMBRAPA proporciona são: permitir maior volume de acumulação de água e separar as águas de acordo com os diferentes usos. No entanto suas desvantagens são: maior tempo de construção; maiores custos em comparação com as demais; requer pessoal técnico qualificado para construção, não permite controle da salinização e nem monitoramento do nível d'água. Lima *et al* (2013) acrescenta que a construção desse método não é aconselhada para locais onde exista um fluxo mais forte de água.

3.2.2.2. MODELO ASA BRASIL (CAATINGA)

Costa (2004) nomeou esse modelo de CAATINGA em referência a ONG Caatinga localizada em Ouricuri/PE, sertão de Pernambuco, que foi uma das pioneiras na difusão deste tipo de tecnologia no semiárido. Assim, esse modelo foi adaptado da proposta de construção utilizada pela ONG Caatinga, que atualmente faz parte da rede da Articulação no Seminário Brasileiro (ASA).

As etapas construtivas deste modelo consistem na escavação de trincheira linear; no preenchimento e na compactação da trincheira com o material retirado, e no enrocamento de pedras sem rejunte sobre a trincheira compactada (COSTA, 2004). Sendo mostrado um esquema ilustrativo na figura 9.

Figura 9- Modelo CAATINGA

Fonte: COSTA, 2004.

Oliveira, Alves & França (2010) explicam que as principais vantagens do modelo de construção CAATINGA são por apresentar o menor custo em relação aos demais, por ser utilizado praticamente sem restrição, face aos pequenos volumes armazenados, e por utilizar a mão-de-obra local. Porém, relata que suas desvantagens são acumular menor quantidade de água, não permitir nenhum controle de salinização, sendo altamente susceptíveis ao processo de salinização do solo, não permitir o uso da água a não ser para a subirrigação na própria calha-viva do riacho e não permitir o monitoramento do nível da água.

3.2.2.3. MODELO SERRA NEGRA DO NORTE

As primeiras construções foram realizadas no município de Serra Negra do Norte/RN, sendo o motivo pela qual o modelo foi nomeado com Serra Negra do Norte. Esse tipo de barragem subterrânea apresenta características marcantes, que segundo Lima *et al* (2013), possibilita uma maior acumulação hídrica tanto subterrânea quanto superficial e dispõe de um grande vertedouro de concreto.

No processo construtivo não existe uma padronização no que se refere a profundidade máxima, sua escolha dependerá das características do local que será construída. A altura da parede que fica acima do solo é determinada de acordo através de estudos topográficos e referências das áreas de inundação. Entre os tipos de barragens, Serra Negra do Norte tem maiores alturas por ser constituída de estruturas de concreto e de forma sequenciada (LIMA *et al.*, 2013). Suas desvantagens em relação aos demais modelos são seus custos onerosos. Na

figura 11 é apresentado o modelo Serra Negra do Norte construída na cidade de Umarizal-RN.

Figura 10- Modelo Serra Negra do Norte, construída em Umarizal-RN.



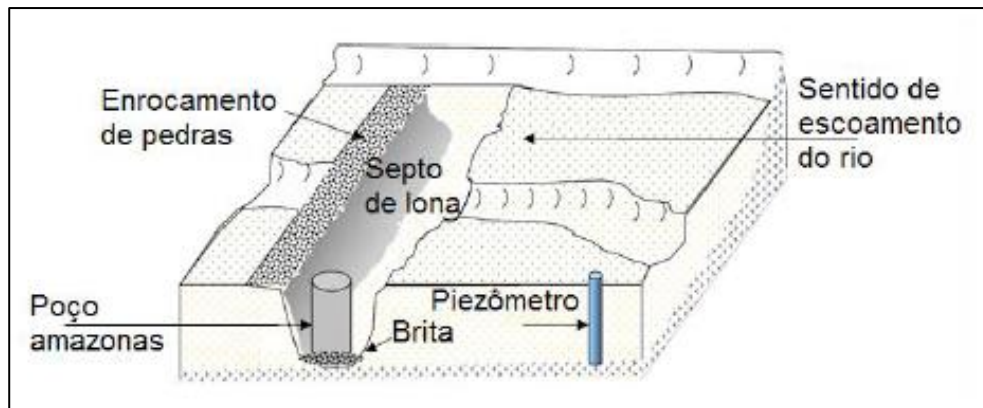
FONTE: LIMA, *et al.* (2013)

3.2.2.4. MODELO COSTA & MELO

Uma metodologia desenvolvida na década de 80, pelos pesquisadores Waldir D. Costa e Pedro G. de Melo. Costa (2002) complementa que esse método construtivo tendo sido aprimorada para se adequar as condições locais.

Um dos aspectos marcantes é a construção de um poço amazonas à montante da barragem. Silva (2013) explica que o processo construtivo básico desse modelo é constituído por: escavação de uma trincheira, retilínea perpendicular à direção do escoamento do riacho; aplicação do septo impermeável sob a trincheira; construção do poço amazonas à montante; construção de enrocamento de pedras sob a superfície próximo ao septo; e instalação de, pelo menos, um piezômetro na bacia hidráulica. Conforme é ilustrado na figura 10.

Figura 11- Esquema ilustrativo do modelo COSTA & MELO.



Fonte: COSTA (2004)

As principais vantagens desse método é sua rápida execução, seu baixo custo, mão de obra local, Oliveira, Alves & França (2010) ressalta que esse método permite controle do processo de salinização, monitoramento do nível da água ao longo do ano e podendo ser utilizada para múltiplos usos, e salienta que sua desvantagem é não poder ser utilizada em qualquer situação.

3.3 Índice de Qualidade das Águas (IQA)

O monitoramento da qualidade da água dos corpos aquáticos doce, salgado ou salobros pode ser realizado através da avaliação de parâmetros físicos, químicos e biológicos, que quando associados revelam as possibilidades de uso desse recurso e suas possíveis restrições (MEDRONHA *et al.*, 2013; GASTALDINI, 1998).

A água pode se tornar um importante veiculador de doenças, de modo a prejudicar direta ou indiretamente a qualidade de vida da população. Capucci *et al* (2001) revela que alguns fatores podem afetar na qualidade da água subterrânea, entre eles, a dissolução dos minerais presentes nas rochas que constituem os aquíferos por ela percolados, tempo de contato água/meio físico, clima, o destino final dos esgotos domésticos e industriais em fossas e tanques sépticos, a disposição inadequada de resíduos sólidos urbanos e industriais, o uso intensivo de agrotóxicos e fertilizantes em locais de cultivo das lavouras e os dejetos bovinos e suínos depositados no solo, todos esses fatores representam risco de contaminação das fontes de águas subterrâneas.

As águas são consideradas próprias para consumo humano quando seus parâmetros microbiológicos, físicos, químicos e organolépticos, atendem os padrões de potabilidade estabelecidos pela portaria de nº 2914, de 12 de dezembro 2011, do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011). Os padrões de potabilidade são características que determinam o modelo de água indicada para uso doméstico, incluindo os critérios essenciais e complementares. Os critérios essenciais destinam-se a proteção contra contaminação de microrganismos patogênicos e contaminação de substâncias tóxicas ou venenosas. E os complementares visam o controle de aspectos estéticos, organolépticos e econômicos (cor, sabor, turbidez e etc.) (SANTOS, 2000).

Com o intuito de avaliar a qualidade da água bruta visando seu uso para abastecimento público, após o tratamento, foi criado o índice de qualidade das águas (IQA). A utilização de índices de qualidade da água tem como objetivo abreviar informações sobre vários parâmetros físico-químicos e biológicos, de forma a facilitar o entendimento dos mesmos pela população e orientar as ações de planejamento e gestão da qualidade da água (ANA, 2016).

O IQA, estabelecido pela metodologia da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB, é composto por nove parâmetros, conforme Tabela 2, os quais são indicadores de contaminação causada pelo lançamento de esgotos domésticos. Para cada parâmetro foram estabelecidos pesos (w), determinados em função da sua importância para a conformação global da qualidade da água (ANA, 2016). Conforme é descrito na tabela 2.

Tabela 2- Parâmetros de Qualidade da Água do IQA e respectivo peso.

PARÂMETRO DE QUALIDADE DA ÁGUA	PESO (w)
Oxigênio dissolvido	0,17
Coliformes termotolerantes	0,15
Potencial hidrogeniônico- pH	0,12
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO5	0,10
Temperatura da água	0,10
Nitrogênio total	0,10
Fósforo total	0,10
Turbidez	0,08
Resíduo total	0,08

Fonte: ANA (2016)

O cálculo para obtenção IQA segundo a CETESB é efetuado pelo produtório ponderado dos nove parâmetros, a fórmula utilizada no cálculo do IQA está descrita na equação 01.

$$IQA = \prod_{i=1}^n qi^{wi}$$

Eq. 1

Sendo que:

IQA = Índice de Qualidade das Águas. Um número entre 0 e 100;

qi = qualidade do i-ésimo parâmetro. Um número entre 0 e 100, obtido do respectivo gráfico de qualidade, em função de sua concentração ou medida;

wi = peso correspondente ao i-ésimo, um número entre 0 e 1, de forma que:

i = número do parâmetro, variando de 1 a 9.

O somatório dos pesos de todos os parâmetros é igual a 1, de acordo a equação 02.

$$\sum_{i=1}^n wi = 1$$

Eq. 2

Segundo ANA (2016), os valores do IQA são classificados em faixas, que variam entre os estados brasileiros, conforme mostra a tabela 3.

Tabela 3- Classificação das faixas do IQA

Faixas de IQA utilizadas nos seguintes Estados: AL, MG, MT, PR, RJ, RN, RS	Faixas de IQA utilizadas nos seguintes Estados: BA, CE, ES, GO, MS, PB, PE, SP	Avaliação da Qualidade da Água
91-100	80-1000	Ótima
71-90	52-79	Boa
51-70	37-51	Razoável
26-50	20-36	Ruim
0-25	0-19	Péssima

Fonte: ANA, 2016.

As barragens subterrâneas podem sofrer a ação do transporte de sedimentos e, conseqüentemente, a introdução de nutrientes, que em excesso causam o processo de eutrofização, desta forma é imprescindível avaliar a qualidade da água. A qualidade físico-química varia muito, principalmente quando entre o período seco e chuvoso, sendo os piores valores no fim do período da estiagem (DANTAS, 2009).

3.3.1. RESOLUÇÃO CONAMA 357/2005

A resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA “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”.

Segundo o CONAMA 357/2005 considera que a água deve possuir os níveis de qualidade suficientes para atender às necessidades da comunidade, de maneira que não afete a saúde e o bem-estar humano, bem como o equilíbrio ecológico aquático, ocasionado pela deterioração da qualidade das águas.

A resolução normativa estabelece a classificação das águas doces, salobras e salinas do território nacional em treze classes, segundo a sua utilização, definindo os parâmetros de qualidade a serem atendidos para cada classe. As águas doces são classificadas em Classe Especial, Classe I, Classe II, Classe III e Classe IV. E as salobras são Classe Especial, Classe I, Classe II, Classe III. Para cada uma das classes a resolução estabelece condições e padrões orgânicos e inorgânicos para serem respeitados. (COSTA; FERREIRA, 2015).

A resolução CONAMA 357/05 estabelece a destinação correta as para águas doces de classe I:

II - classe 1: águas que podem ser destinadas: a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; b) à proteção das comunidades aquáticas; c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA no 274, de 2000; d) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e e) à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.

E para as salobras do tipo classe II:

II - classe 1: águas que podem ser destinadas: a) à recreação de contato primário, conforme Resolução CONAMA no 274, de 2000; b) à proteção das comunidades aquáticas; c) à aquicultura e à atividade de pesca; d) ao abastecimento para consumo humano após tratamento convencional ou avançado; e e) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película, e à irrigação de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto.

3.3.2. PARÂMETROS

- **pH:**

O Potencial Hidrogeniônico - pH representa a concentração de íons de hidrogênio, indicando a acidez, neutralidade ou alcalinidade da água. Na maior parte dos corpos hídricos naturais, o pH é influenciado pela dissolução do ácido carbônico ou pelo despejo de efluentes domésticos e industriais ou pelo intemperismo de rochas e da erosão de áreas agrícolas com uso de corretivos e fertilizantes (Conte et al, 2001).

De acordo com ANA (2016), os valores do pH influenciam no metabolismo das espécies aquáticas, e suas alterações aumentam o efeito de substâncias químicas que são tóxicas para os organismos aquáticos.

Em águas subterrâneas os valores de pH está entre 5,5 e 8,5, nos casos excepcionais pode variar entre 3 e 11 (Santos, 2000).

- **Turbidez:**

A turbidez indica o grau de interferência que a luz sofre ao transpor a água, resultando em água com aparência turva, esta atenuação é decorrente dos sólidos em suspensão.

A principal fonte de turbidez é de origem natural pelas partículas de rochas, argila e silte ou algas e outros microrganismos, principalmente em períodos chuvosos que as águas

pluviais arrastam os materiais sólidos para os corpos hídricos. Também pode ser influenciado por origens antropogênicas pelos despejos domésticos, industriais e atividades mineradoras (VON SPERLING, 2005).

A elevação da turbidez é esteticamente desagradável, pode estar associada com compostos tóxicos e organismos patogênicos. A redução de penetração de luz pode prejudicar no processo de fotossíntese.

Segundo Paludo (2010), a turbidez em poços artesianos indica presença de material sólidos em suspensão, em algumas situações pode ser indicio de matéria orgânica, que podem servir de nutrientes para o desenvolvimento de microrganismos (algas).

- **Temperatura:**

A temperatura é a medição da intensidade de calor, devido a transferência de calor solar ou de água de torres de resfriamento e despejos industriais com altas temperaturas.

Segundo Silva (2013), a temperatura é um dos principais parâmetros para monitoramento de sua qualidade, pois suas variações influenciam na ocorrência de reações físicas, químicas e biológicas. Além de influenciar inversamente proporcional no oxigênio dissolvido, afetando no organismo dos seres aquáticos.

- **Nitrogênio:**

No meio aquático o nitrogênio pode ocorrer nas formas de nitrogênio orgânico, amoniacal, nitrito e nitrato. Von Sperling (2005) cita que as fontes de nitrogênio podem ser de origem natural através de compostos biológicos e composição celular de microrganismos, e de origem antropogênica resultante de efluentes domésticos, efluentes industriais, excrementos de animais. Além de fertilizantes que escoam ou percolam por águas pluviais em áreas agrícolas.

De acordo com a Agencia Nacional de Águas (ANA, 2016), os nitratos são tóxicos aos seres humanos, e em grandes quantidades provoca uma doença chamada metahemoglobinemia infantil, que é letal para crianças. As altas concentrações de nitrogênio nos corpos d'água também pode provocar um crescimento excessivo das algas, processo conhecido como eutrofização, o que pode prejudicar o abastecimento público, a recreação e a preservação da vida aquática.

Dantas (2009) revela que em algumas análises realizadas em barragens subterrâneas, determinaram que os valores de nitrato (NO_3), em geral, ficaram dentro do permitido,

enquanto que os valores de nitrito (NO_2) apresentarem valores acima do recomendado. Podendo também ocorrer o inverso.

- **Oxigênio Dissolvido (OD):**

Oxigênio dissolvido é a medida correspondente a quantidade de oxigênio presente na água, é vital para a preservação dos seres aquáticos aeróbicos. O oxigênio dissolvido é introduzido através da fotossíntese e a dissolução do oxigênio atmosférico, podendo também ser incorporado através de aeração artificial.

As águas poluídas por efluentes domésticos ou industriais apresentam baixas concentrações de OD, pois para a decomposição da matéria orgânica as bactérias fazem uso do oxigênio no seu processo de respiração, dependendo a magnitude desse fenômeno é capaz de provocar morte dos seres aquáticos. Por outro lado, às águas eutrofizadas, ricas em nutrientes, podem apresentar altas concentrações de oxigênio, conhecido de superfaturação, devido ao crescimento excessivo de algas realizando a fotossíntese durante o dia, porém durante a noite essa concentração reduz significativamente, prejudicando a respiração dos organismos e provocando mortandade de peixes (ANA, 2016).

- **Fósforo:**

O fósforo se manifesta na forma de ortofosfato, polifosfato e orgânico, sendo produzido na natureza através do intemperismo de solos ou rochas, da decomposição de matéria orgânica, dos efluentes domésticos ou industriais, excrementos de animais, detergentes superfosfatado ou fertilizantes. É um importante nutriente para processos biológicos, e suas altas concentrações presentes na água podem gerar eutrofização, do mesmo modo do nitrogênio.

Segundo Von Sperling (2005) é nutriente essencial para o crescimento de bactérias responsáveis pela estabilização da matéria orgânica existente na água.

- **Demanda bioquímica de oxigênio ($\text{DBO}_{5,20}$):**

A Demanda bioquímica de oxigênio é a quantidade de oxigênio necessária para oxidação de toda a matéria orgânica, presente na água, por ação de bactérias aeróbicas. A $\text{DBO}_{5,20}$ é a parcela de oxigênio consumido durante 5 dias em uma temperatura de 20°C .

A DBO expressa de forma indireta o teor de matéria orgânica presente na água, sendo um parâmetro importante para a caracterização do grau de poluição no corpo hídrico (VON SPERLING, 2005).

Os altos valores de DBO_5 , 20 são provocados pelo lançamento de cargas orgânicas, principalmente por esgotos domésticos. O aumento desse parâmetro causa a diminuição nos valores de oxigênio dissolvido, resultando o comprometimento das características químicas da água levando a mortandade dos peixes e de outros organismos aquáticos (ANA, 2016).

- **Coliformes termotolerantes:**

Os coliformes termotolerantes são organismos originários principalmente do trato intestinal de animais de sangue quente e de humanos. São encontradas em esgotos domésticos, águas contaminadas por dejetos humanos, animais selvagens e atividades agropecuárias.

Os grandes números quantitativos de coliformes fecais indicam presença de organismos patogênicos, que são responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica.

Em análises microbiológicas de coliformes feitas por Dantas (2009) em barragens subterrâneas, indicaram um grau elevado de coliformes, que se deu, principalmente, pelo fato de circulação de animais na região das barragens.

- **Sólidos totais:**

Os sólidos totais correspondem a quantidade de materiais sólidos presentes na água que permanecem após a evaporação, secagem ou calcinação da amostra de água em determinadas temperaturas por um período de tempo. No momento em que os sólidos se depositam nos corpos hídricos provocam seu assoreamento.

Silva (2013) menciona que a origem se dá principalmente, nas atividades de agricultura, nos efluentes domésticos não tratados, nos efluentes industriais tratados ou não e na mineração.

4. METODOLOGIA

4.1 Caracterização da Área de Estudo

A área de estudo compreende no município de Caraúbas (Figura 12), situado no estado do Rio Grande do Norte, encontra-se na Microrregião da Chapada do Apodi e na Mesorregião Oeste Potiguar, está localizado nas coordenadas 05°47'34,8" de latitude sul e 37°33'25,2" de longitude oeste, possui uma área territorial de 1.132,860 km². De acordo com dados do IBGE (2010), o mesmo possui uma população total de 19.576 habitantes, sendo 5.872 habitantes residem na zona rural.

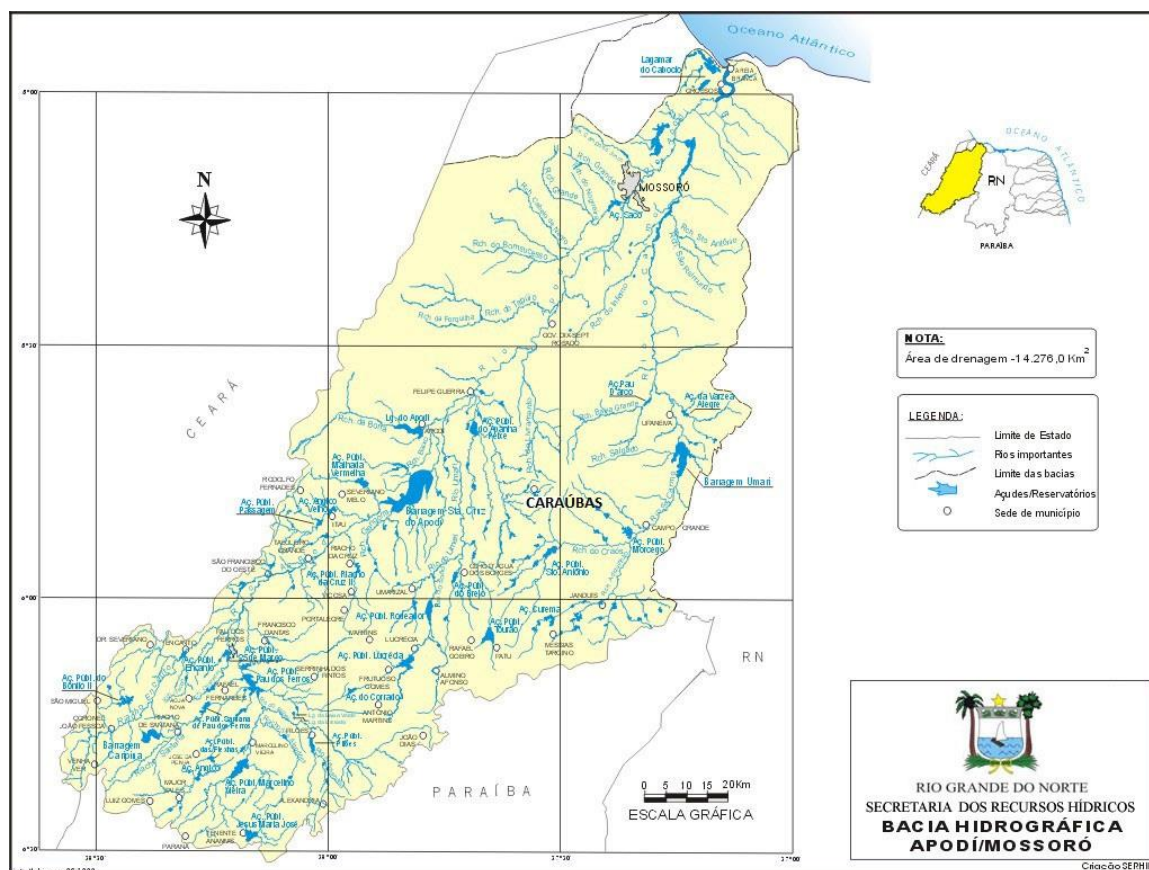
Figura 12- Município de Caraúbas-RN



Fonte: Adaptado do Wikipédia

O município de Caraúbas está inserido nos domínios da bacia hidrográfica Apodi-Mossoró, banhado por cursos d'águas secundárias, de regime intermitentes, que compreende o rio Umari e os riachos Sabe-Muito, Baixa Grande e Livramento, conforme figura 13.

Figura 13- Mapa da bacia hidrográfica Apodi/Mossoró.

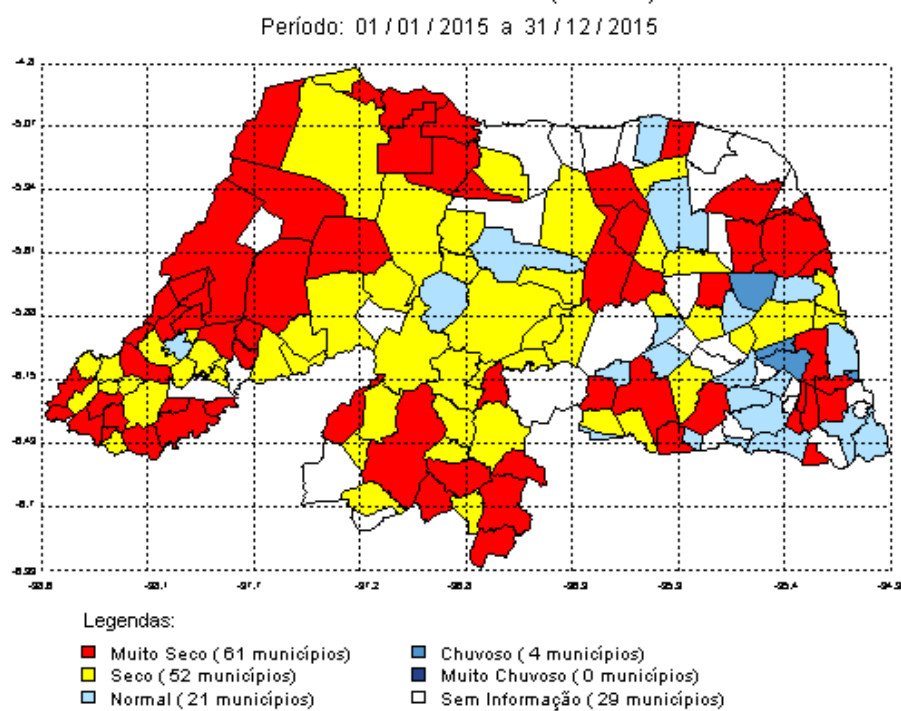


Fonte: Adaptado da SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS DO RN, 2016.

4.1.1. CLIMA:

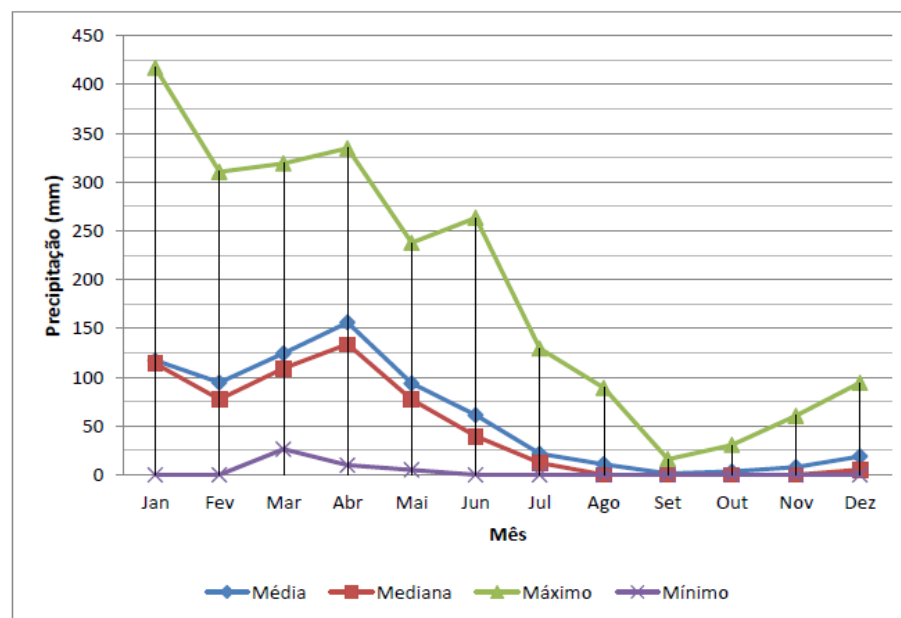
Caraúbas está situado na região do semiárido nordestino, possuindo características climáticas quentes e secas, com temperatura média de 27,5 °C. O município dispõe de uma precipitação média pluviométrica anual de 710,9 mm, dados referentes aos últimos 20 anos (PADRE, 2015). Segundo a Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte-EMPARN, em 2015, o município apresentou uma situação muito seca (Figura 14). O período com maiores incidências de chuvas são entres os meses março e abril (IDEMA, 2008). O gráfico 1 mostra o regime pluviométrico, com os valores máximos e mínimos, a média e a mediana dos últimos 20 anos. Dados do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET (2009) revelam que a taxa de evaporação total em Caraúbas é cerca de 2000 mm, conforme é mostrada na figura 15.

Figura 14- Análises de chuvas acumulados no estado do Rio Grande do Norte.

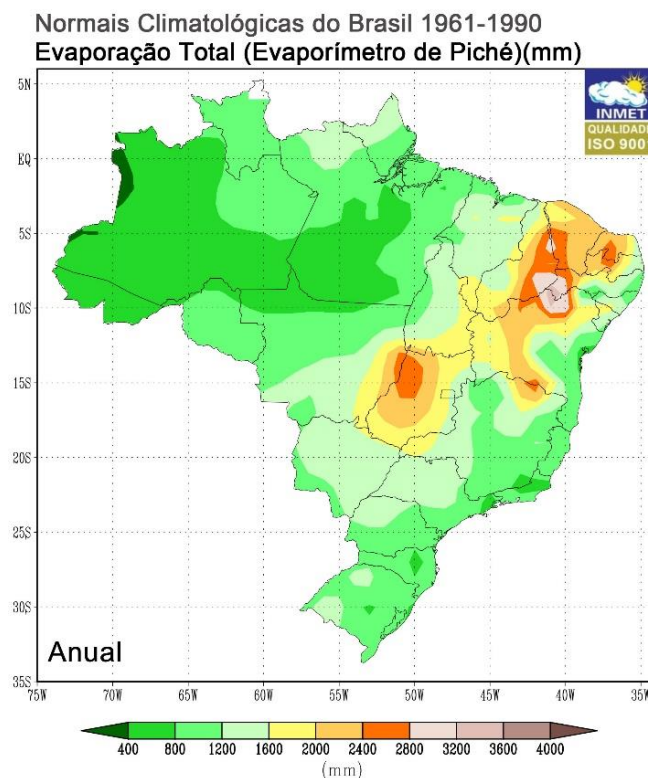


Fonte: EMPARN, 2016

Gráfico 1- Média da precipitação referente aos últimos 20 anos no município de Caraúbas.



Fonte: PADRE, 2015

Figura 15- Evaporação total do Brasil

Fonte: INMET, 2009

4.1.2. BARRAGENS SUBTERRÂNEAS EM CARAÚBAS-RN:

A fim de suprir a deficiência de água para consumo próprio, irrigação e dessedentação de animais, órgãos governamentais ou não governamentais instalaram diversas barragens subterrâneas no semiárido do Brasil. Segundo a Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural – EMATER, foram construídas 37 barragens, com recursos próprios, no município de Caraúbas-RN.

Para o desenvolvimento do trabalho foram selecionadas três barragens subterrâneas implantadas pela EMATER. O critério de seleção foi a presença de poços escavados à montante da barragem subterrânea, próximos ao septo impermeável e a existência de água nos mesmos.

- **Timbaúba I**

A primeira barragem está situada no sítio Timbaúba I, localizada nas coordenadas 93°62'54" de latitude sul e 66°26'27" de longitude leste. A barragem é do tipo COSTA & MELO, vista na figura 16, com 82,3 metros de comprimento e 1,53 metros de profundidade, foi utilizado lona plástica para impermeabilização da parede. O poço amazonas (figura 17),

encontra-se a montante da barragem, contém 3 metros de profundidade, construído com material de alvenaria. A utilização da barragem é apenas para umedecimento da área a ser cultivada, ou seja, a mesma só é utilizada em períodos chuvosos. Segundo análises realizadas por SILVA (2016) os dados de salinidade dessa barragem subterrânea foi Sais Dissolvidos Totais (SDT) igual 0,58%, de acordo com a resolução CONAMA 357/05 se enquadra em águas salobras.

Figura 16- Barragem subterrânea no Sítio Timbaúba I



Fonte: EMATER- CARAÚBAS/RN

Figura 17- Poço à montante da barragem subterrânea. (a) Vista da parede do poço. (b) Vista da água acumulada no poço.



Fonte: Própria do autor.

- **Timbaúba II:**

A segunda barragem subterrânea fica localizada no Sítio Timbaúba II, nas coordenadas 66°21'77" de latitude leste e 93°63'62,4" de latitude sul. O modelo construtivo da barragem é do tipo COSTA & MELO, apresentada na figura 18, possui 60 metros de comprimento com 2 metros de profundidade, dispõe de uma lona plástica para impermeabilização do septo. O poço amazonas (figura 19) está situado à montante da barragem, sua estrutura é formada por anéis de concreto, com uma profundidade de 3,5 metros, sem destinação da água para atividade agrícola ou abastecimento humano. Os dados de salinidade da água dessa barragem, segundo Silva (2016), são de 0,27% de sais dissolvidos totais, dessa forma se encaixa em águas doces, estabelecido pela resolução CONAMA 357/05.

Figura 18- Barragem subterrânea no Sítio Timbaúba II



Fonte: EMATER- CARAÚBAS/RN

Figura 19- Poço à montante da barragem Subterrânea. (a) Vista da parede do poço. (b) Vista da água acumulada no poço.



Fonte: Própria do Autor.

- **BOÁGUA I:**

A terceira barragem subterrânea está situada no Sítio Boágua I, localizado nas coordenadas 65°35'13" de latitude leste e 93°61'09,8" de latitude sul. A barragem também é do tipo COSTA & MELO (Figura 20), com 48 metros de comprimento e 1 metro de profundidade, sua parede é revestida com lona plástica para o barramento da água, dispõe de um poço à montante da barragem, mostrada na figura 21, construído de alvenaria com profundidade de 2,5 metros, a água armazenada é destinada para consumo humano e dessedentação de animais. De acordo com Silva (2016), a água dessa barragem subterrânea apresentou uma porcentagem de 0,12% de SDT, dessa forma, pela resolução CONAMA 357/05 é classificada em águas doces.

Figura 20- Barragem Subterrânea no Sítio Boágua.



Fonte: Própria do autor.

Figura 21- Poço à montante da barragem subterrânea. (a) Vista da parede do poço. (b) Vista da água acumulada no poço.



Fonte: Própria do Autor.

4.2 Desenvolvimento da pesquisa:

Esta é uma pesquisa de campo com procedimento laboratorial e explicativa, quanto a abordagem quantitativa.

Na busca para alcançar os objetivos traçados, a metodologia da pesquisa foi desenvolvida nas seguintes fases: (i) Coleta das amostras; (ii) Análises dos parâmetros do IQA em Laboratório; (iii) Cálculo do IQA e Classificação da qualidade das três barragens subterrâneas que serão descritas nos tópicos seguintes.

4.2.1 COLETA DAS AMOSTRAS:

Com a finalidade de analisar a água armazenada nos poços das barragens subterrâneas, situadas no Sítio Timbaúba I, Sítio Timbaúba II e Sítio Boágua, realizou-se duas coletas, sendo a primeira no dia 19/08/2016 e a segunda no dia 22/09/2016, no período matinal, entre 7:00 às 8:30 hrs, a temperatura e oxigênio dissolvido foram medidos em campo durante o procedimento da coleta. As amostras foram coletadas com o auxílio de um balde (Figura 22) e armazenadas em dois recipientes, sendo um deles esterilizados para realização de ensaios bacteriológicos.

Figura 22- Coleta das amostras.



Fonte: Autoria própria.

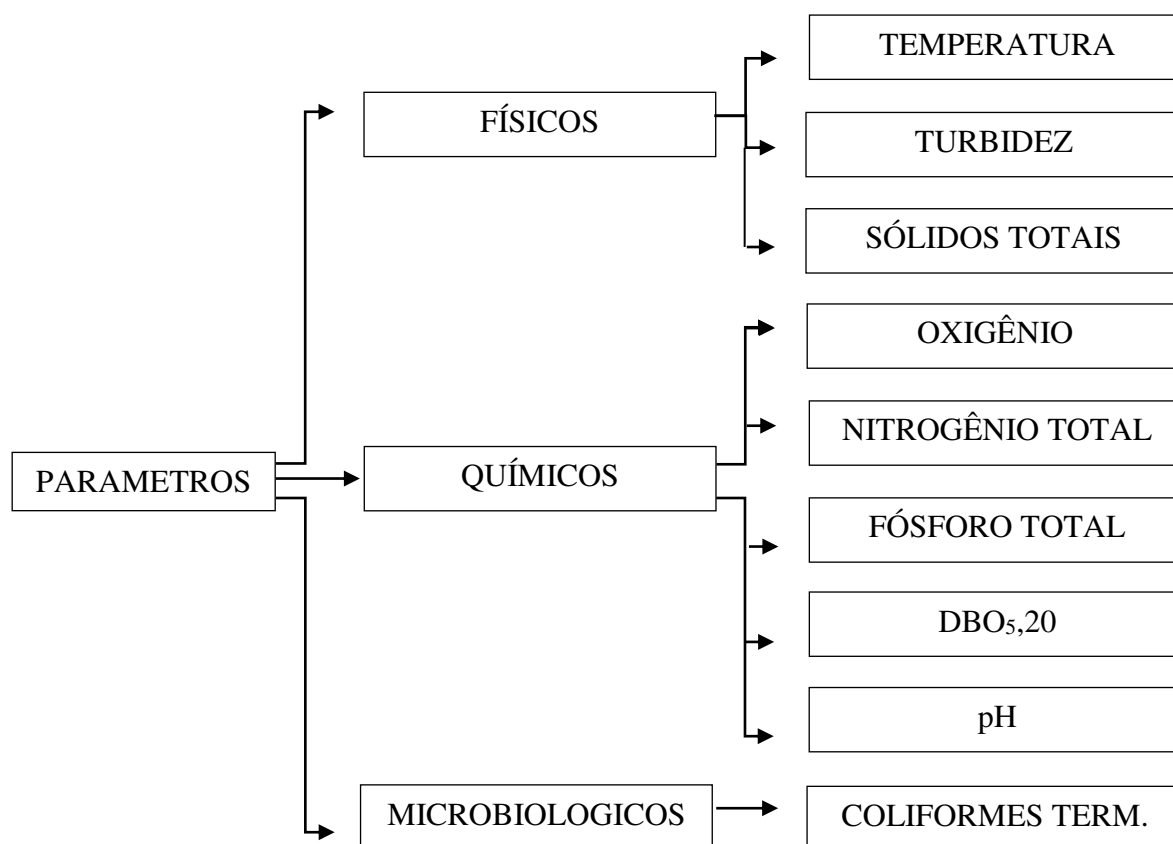
Figura 23- Recipientes para coleta. (a) Recipiente para armazenamento da amostra para ensaios físico-químicos. (b) Recipiente para armazenamento de amostra para ensaio bacteriológico.



Fonte: Autoria Própria

4.2.2 ANÁLISES DOS PARÂMETROS DO IQA EM LABORATÓRIO

Foram analisados os parâmetros físicos, químicos e microbiológicos para determinar o índice de qualidade das águas (IQA-CETESB), mostrados na figura 24.

Figura 24 – Fluxograma dos parâmetros analisados na pesquisa

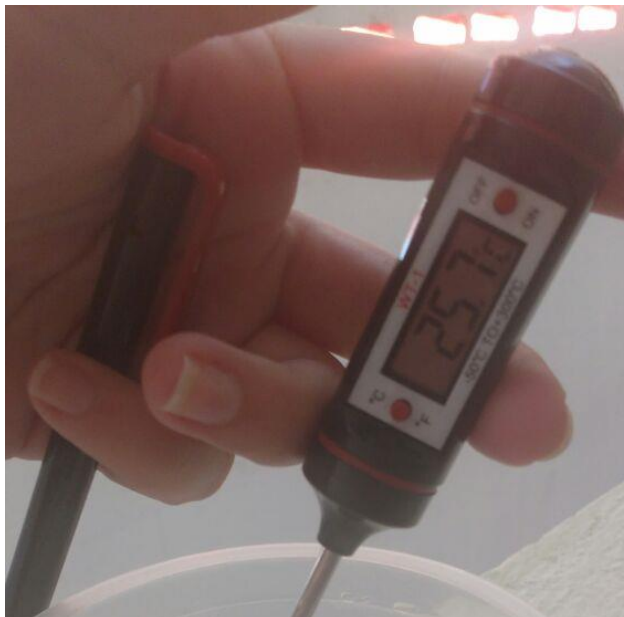
As amostras coletadas foram levadas para o Laboratório de Saneamento- LASAN, da Universidade Federal Rural do Semi-Árido- UFERSA, *Campus* Mossoró/RN, para serem analisados os parâmetros turbidez, fósforo total e pH. O parâmetro sólidos totais foi analisados no Laboratório de Química da UFERSA, *Campus* Caraúbas/RN. Os demais parâmetros (nitrogênio total, DBO_{5,20}, e coliformes totais), em função das limitações laboratoriais na UFERSA, foram enviadas para o Núcleo de Análises de Águas, Alimentos e Efluentes – NAAE do Instituto Federal do Rio Grande do Norte, *Campus* Natal-Cantral.

As metodologias utilizadas para cada parâmetro:

- Temperatura:

A medição da temperatura realizou-se em campo no período da coleta, com o auxílio de um termômetro digital tipo espeto a prova de água (Figura 25).

Figura 25- Medidor de temperatura.



Fonte: Próprio Autor.

- Turbidez

A metodologia utilizada para mensurar as concentrações de turbidez na amostra foi através do Método Nefelométrico, seguindo a metodologia de Alencar (2016), que consiste em medir a intensidade da luz em vários ângulos, por uma fonte de luz e um detector fotoelétrico, na figura 26 mostra o equipamento utilizado na metodologia.

Figura 26- Método Nefelométrico.



Fonte: ALENCAR (2016)

- pH:

Para medir o pH da amostra coletada na barragem, utilizou-se o Método Eletrométrico, acompanhando a mesma metodologia feita por Alencar (2016), para a determinação da concentração de íons de hidrogênio presentes na água, na figura 27 apresenta o equipamento sendo calibrado para efetuar a medição da amostra.

Figura 27- Método Eletrométrico



Fonte: ALENCAR (2016)

- Sólidos Totais (ST):

Os procedimentos para a caracterização dos Sólidos Totais, presentes na amostra, foram realizados segundo Lougon *et al.* (2009), seguindo o Método Gravimétrico. Na figura 28 apresenta a amostra após a evaporação da água na estufa.

Figura 28- Amostra após a secagem na estufa



Fonte: Autoria própria

Assim, para calcular os sólidos totais, utilizou-se a equação 3:

$$ST = \frac{(MS - MR) \times 1000}{VA}$$

Eq. 3

Onde:

ST = Sólidos Totais, em mg/L

MS = Massa da Amostra Seca a 105 °C, em mg

MR = Massa do Recipiente, em mg

VA = Volume da amostra. mL

- Oxigênio Dissolvido:

A metodologia utilizada para a medição de concentração de Oxigênio Dissolvido foi o Método do oxímetro com um analisador óptico de oxigênio (figura 29), seguindo os mesmos procedimentos descritos por Medeiros *et al* (2006).

Figura 29- Analisador de Oxigênio Dissolvido



Fonte: Direct Industry

< <http://www.directindustry.com/pt/prod/ysi-life-sciences/product-104471-1201689.html> >

- **Fósforo Total:**

As concentrações de fósforo totais nas amostras das barragens foram medidas pelo Método Colimétrico Ácido Ascórbico.

Onde foi pipetada 50 mL da amostra em um erlenmeyer, adicionando 1 gota de solução indicadora de fenolftaleína, 1 mL Ácido Sulfúrico (H_2SO_4), e 0,5g de Persulfato de Potássio ($\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$), aquecendo por 30 min na autoclave. Em seguida transferindo a amostra para o balão de 50 mL e completando a diferença com água destilada, depois transferindo para um erlenmeyer de 150 mL adicionando 1 gota da solução de fenolftaleína e 8 mL de reagente combinado, agitando, após 10 min medir a leitura de absorvância em 880 nm no aparelho de espectrofotômetro (Figura 30).

Figura 30- Aparelho de espectrofotômetro



Fonte: ALENCAR (2016)

As análises de DBO_{5,20}, Nitrogênio Total e Coliformes foram feitas em uma Laboratório privado, devido as limitações do laboratório da própria universidade. As metodologias utilizadas foram:

- Coliformes fecais: Método dos Tubos Múltiplos.
- Nitrogênio Total:
 - Nitrogênio Amoniacal e Orgânico: Método Titulométrico.
 - Nitrato e Nitrito: Método de Colorimétrico
- Demanda Bioquímica de Oxigênio: Método de Winkler - Azida

4.2.3 CÁLCULO DO IQA.

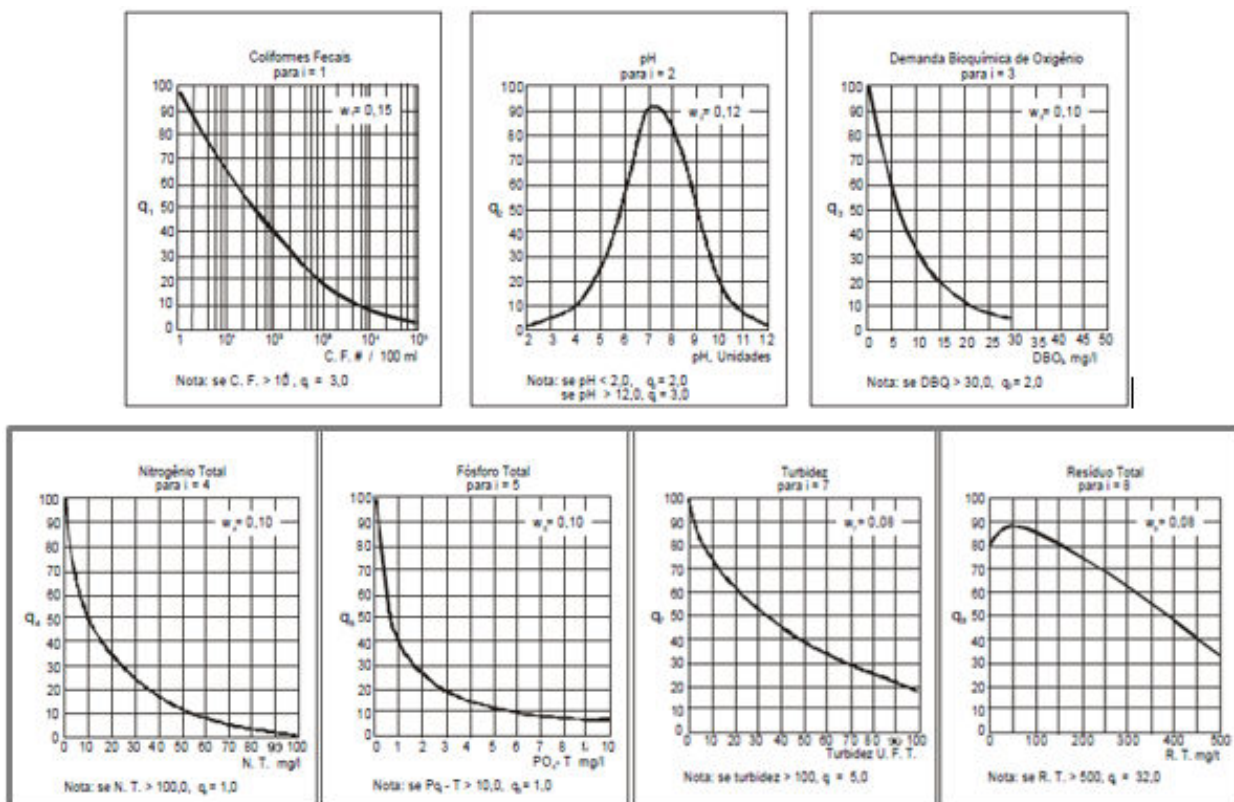
O cálculo do IQA segundo a CETESB é efetuado pelo produtório ponderado dos nove parâmetros, a fórmula utilizada no cálculo do IQA está descrita na eq. 01 na página 29.

De acordo com a metodologia da CETESB (2009), para cada parâmetro é atribuído um peso (w_i) atribuído em função de sua importância. Os valores da qualidade do i -ésimo parâmetro (q_i) são obtidos através da “curva média de variação de qualidade”, em função de sua concentração.

Cada parâmetro tem sua curva, para obter o valor de q_i pela curva média de variação da qualidade (Gráfico 2), o resultado da concentração de cada parâmetro da amostra é colocado no eixo da abscissa, ligado até tocar na curva e rebater para o eixo da ordenada. Os

valores no eixo da ordenada corresponde ao q_i , todos seguem essa metodologia com exceção de Oxigênio Dissolvido e Temperatura.

Gráfico 2-Curva média de Variação da qualidade



Fonte: CETESB,2009.

- Oxigênio Dissolvido (OD):

Diferente dos outros, na curva de Oxigênio dissolvido (Gráfico 3) o valor da abscissa refere-se a porcentagem de OD, determinado pela equação 4:

$$\%OD = \frac{OD}{CS} \times 100$$

Eq. 4

Onde:

%OD - Porcentagem de saturação do oxigênio dissolvido

OD - Oxigênio dissolvido (mg/L)

CS - Concentração de saturação de OD (mg/L)

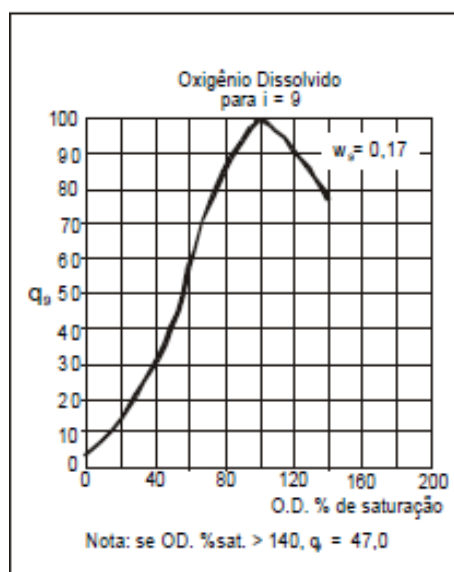
A concentração de saturação de OD na água para diferentes temperaturas e altitudes é encontrado na tabela 4.

Tabela 4- Teor de saturação de Oxigênio Dissolvido

Temperatura (°C)	Altitude (m)				
	0	250	500	750	1000
0	14,6	14,2	13,8	13,3	12,9
2	13,8	13,4	12	12,6	12,2
4	13,1	12,7	12,3	12	11,6
6	12,5	12,1	11,7	11,4	11
8	11,9	11,5	11,2	10,8	10,5
10	11,3	11	10,7	10,3	10
15	10,2	9,9	9,5	9,3	9
20	9,2	8,9	8,6	8,4	8,1
25	8,4	8,1	7,9	7,6	7,4
30	7,6	7,4	7,2	7	6,7

Fonte: CETESB, 2009.

Gráfico 3- Curva média de Variação da qualidade- OD



Fonte: CETESB,2009.

- Temperatura:

Para obter o valor de q_i na curva (Gráfico 4), é necessário efetuar a diferença de temperatura, dada pela equação 5.

$$\Delta T = t_f - t_i$$

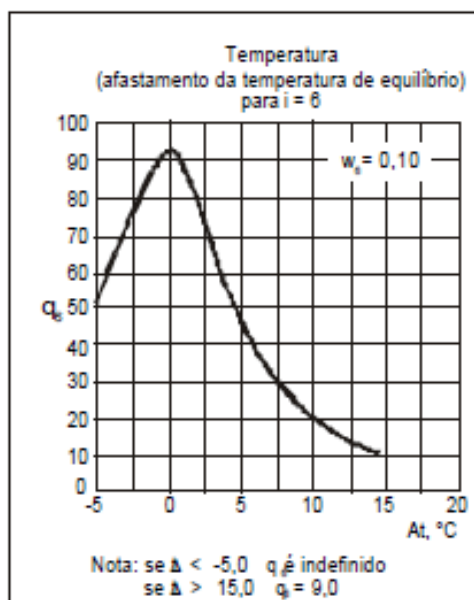
Eq. 5

Onde:

t_f – maior temperatura obtida no período da coleta ($^{\circ}\text{C}$)

t_i – menor temperatura obtida no período de coleta ($^{\circ}\text{C}$)

Gráfico 4- Curva média de Variação da qualidade- Temperatura



Fonte: CETESB, 2009.

Após calcular o Índice de qualidade da água, determina em que faixa a amostra se encontra e sua qualidade, segundo a tabela 5.

Tabela 5- Classificação das faixas d IQA.

Faixas de IQA utilizadas nos seguintes Estados: AL, MG, MT, PR, RJ, RN, RS	Avaliação da Qualidade da Água
91-100	Ótima
71-90	Boa
51-70	Razoável
26-50	Ruim
0-25	Péssima

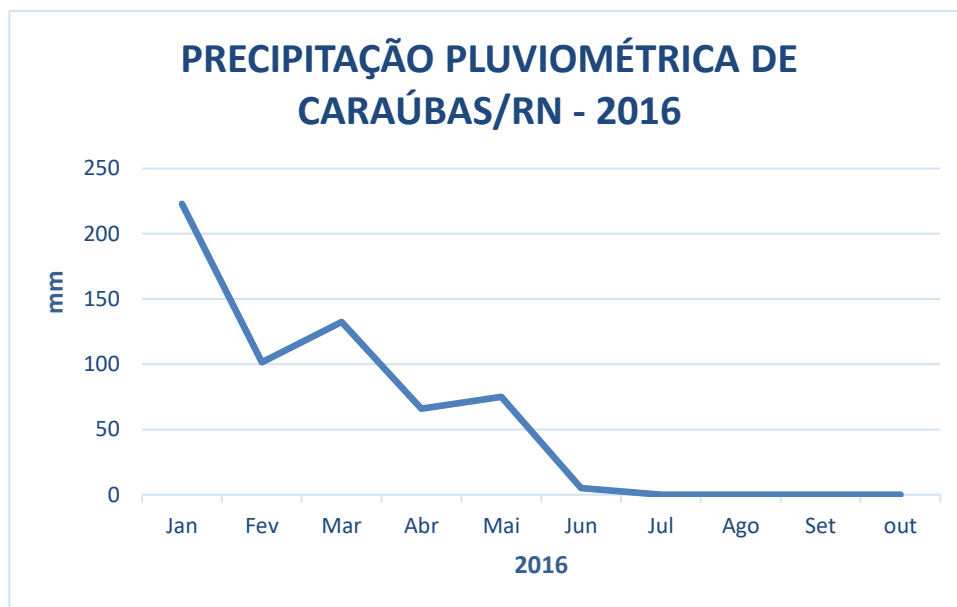
Fonte: ANA, 2016.

5. RESULTADOS E DISCURSÕES.

5.1 Dados pluviométricos.

O período das coletas, realizadas nos meses de agosto e setembro, foram em época de seca no município, pois dados da EMATER revelaram que nesse ano as maiores incidências de chuvas foram entres os meses de janeiro a março, conforme é mostrada no gráfico 5, e a última precipitação ocorreu cerca de 60 dias antes da primeira coleta e 90 dias antes da segunda coleta, com uma acumulação total de precipitação de água de 603 mm, sendo abaixo da média anual segundo Padre (2015).

Gráfico 5- Precipitação Pluviométrica de Caraúbas - 2016



Fonte: EMATER, 2016

Com isso, os níveis de água dos poços só tendem a diminuir devido às perdas por evapotranspiração e as retiradas de água para irrigação, dessedentação de animais ou abastecimento humano.

5.2 Análises dos parâmetros da qualidade de água.

A qualidade da água é definida segundo os valores máximos permitidos para os parâmetros físicos, químicos e biológicos pela Portaria do Ministério da Saúde nº 2914/2011 e a Resolução CONAMA 357/2005.

5.2.1. SÍTIO TIMBAÚBA I

Os resultados das análises dos parâmetros do IQA da amostra coletada no Sítio Timbaúba I são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 - Resultados dos parâmetros avaliados sob a amostra no Sítio Timbaúba I

BARRAGENS SUBTERRÂNEAS- TIMBAÚBA I		
PARÂMETROS	19/08/2016	22/09/2016
TEMPERATURA °C	24,7	25,8
TURBIDEZ (UNT)	21,9	23,3
FÓSFORO (mg/L)	1,51	0,22
DBO ₅ ,20	-	3,42
NITROGÊNIO T. (mg/L)	-	4,32
SÓLIDOS TOTAIS (mg/L)	-	2,22
pH	7,74	7,22
COLIFORMES TERM. (NMP/100)	-	17
OXIGÊNIO DISSOLVIDO mg/L de O ₂	7,74	3,05

Fonte: Próprio autor

Os resultados de turbidez foram relativamente altos, se considerarmos que estamos trabalhando com água subterrânea, essa situação se dá devido a grande quantidade de algas, conforme é apresentado na figura 31. A Portaria do Ministério da Saúde nº 2914/2011 determina que o limite de turbidez para o padrão organoléptico de potabilidade é 5uT, dessa forma os valores da amostra do poço ultrapassaram o permitido para consumo humano. A resolução CONAMA 357/2005 revela que para águas salobras, em qualquer classe, estabelece que a turbidez seja visualmente ausente, o que não ocorre. Ainda para classificação em águas salobras classe 3 o oxigênio dissolvido deve possuir uma concentração entre 3 e 4 mg/L de O₂.

Os valores de DBO₅, de Nitrogênio, de Sólidos Totais e de Coliformes Termotolerantes não foram apresentados na primeira coleta devido às limitações laboratoriais.

Figura 31- Poço no sitio Timbaúba 1.

Fonte: Própria do autor.

Os valores da série de nitrogênio da amostra do poço do Sítio Timbaúba I são observados na tabela 7.

Tabela 7-Série de Nitrogênio da amostra de Timbaúba I

TIMBAÚBA I	
Nitrito (mg/L)	<0,10
Nitrato (mg/L)	2,55
Nitrogênio Orgânico (mg/L)	0,37
Nitrogênio Amon. (mg/L)	1,3
Nitrogênio Total (mg/L)	4,32

Fonte: Própria do autor

Segundo os limites estabelecidos pela Portaria de nº 2914/2011, dentro dos padrões de potabilidade, para nitrato, amônia e nitrito, são respectivamente 10 mg/L, 1,5 mg/L e 1 mg/L, sendo assim os valores das amostras estão dentro do limite permitido. Porém, para o CONAMA 357/2005, água salobras, classe 2, o nitrato deve ser inferior a 0,70 mg/L e nitrito até 0,20 mg/L, consequentemente a concentração de nitrato na amostra ultrapassaram os valores dessa classificação. Para águas salobras, classe 3, não existe especificações quanto a

série de nitrogênio. A existência de nitrato na água pode ser oriunda de possível utilização de fertilizantes das atividades agrícolas, o que influencia no desenvolvimento de plantas aquáticas.

5.2.2. SITIO TIMBAÚBA II

A tabela 8 apresenta os valores dos parâmetros analisados da amostra coletada do Sítio Timbaúba II.

Tabela 8- Resultados dos parâmetros de IQA no Sítio Timbaúba II

BARRAGENS SUBTERRÂNEAS- TIMBAÚBA II		
PARÂMETROS	19/08/2016	22/08/2016
TEMPERATURA °C	28,1	25,8
TURBIDEZ (UNT)	5,11	3,62
FÓSFORO (mg/L)	0,68	0,33
DBO _{5,20}	-	3,22
NITROGÊNIO T. (mg/L)	-	3,78
SÓLIDOS TOTAIS (mg/L)	-	0,744
pH	7,67	7,56
COLIFORMES TERM. (NMP/100)	-	170
OXIGÊNIO DISSOLVIDO (mg/L de O ₂)	3,97	6,65

Fonte: Próprio autor

A Portaria de nº 2914 determina que o limite de turbidez para o padrão organoléptico de potabilidade é 5uT, dessa forma o valor médio da amostra do poço está dentro do permitido para consumo humano. Essa variação entre a primeira e a segunda coleta, de 30 dias, pode ser a presença de matéria orgânica, ou possível contaminação de esgoto doméstico, que foi consumida por bactérias (autodepuração) ocasionando a diminuição da turbidez, outro fator que confirma isso é a baixa de concentração de oxigênio dissolvido e depois o aumento, sendo inversamente proporcional ao de turbidez.

Segundo a Resolução CONAMA 357/05 para classificação das águas doces classe II o valor da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO_{5, 20}) deve estar entre 3 e 5 mg/L, sendo classificada nessa classe, quando avaliamos esse parâmetro. Com relação ao oxigênio dissolvido, se considerarmos a média das análises (5,31 mg/L), a água também seria classificada como doce classe II.

O padrão de potabilidade da portaria 2914/2011 limitam a concentração de sólidos totais em até 1000 mg/L, dessa maneira a amostra não ultrapassou esses limites e nem apresentou concentrações altas.

Para padrões de potabilidade a água deve ser ausente em 100mL de conformes totais, porém a amostra apresentou uma concentração de 170NMP/100 ml, esse fato deve ser devido

a existência de criação de animais nas proximidades da barragem subterrânea, e seus dejetos podem contaminar a água, como também a presença de cobras na água do poço nas duas coletas, e para balneabilidade estabelece um limite de até 1000NMP/100 ml de coliformes termotolerantes. Sendo assim a água da barragem pode ser utilizada para consumo humano secundário. Para consumo humano primário seria necessário realizar a desinfecção da mesma.

O resultado da série de nitrogênio da amostra do Sítio Timbaúba II é apresentado na tabela 9.

Tabela 9- Série de nitrogênio da amostra do Sítio Timbaúba II

TIMBAÚBA II	
Nitrito (mg/L)	<0,10
Nitrato (mg/L)	3,13
Nitrogênio Orgânico (mg/L)	0,12
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	0,43
Nitrogênio Total (mg/L)	3,78

Fonte: Próprio do autor

Os valores analisados individualmente da série de nitrogênio estão dentro do permitido definido pela portaria nº 2914/2011 e da resolução CONAMA 357/05 na classificação em águas doce classe I. Porém se considerarmos o valor de para Nitrogênio total da amostra, ele é considerado limitante para eutrofização, pois ultrapassa 1,27 mg/L. O valor de nitrato mais elevado pode ser explicado pela criação de animais próximo a barragem, ou pela contaminação por esgotos.

5.2.3. SÍTIO BOÁGUA

Os valores das análises dos parâmetros do IQA da amostra coletada no Sítio BOAGUA são apresentados na Tabela 10.

Tabela 10- Resultados das análises de IQA no Sítio BoÁgua

BARRAGENS SUBTERRÂNEAS- BOÁGUA		
PARÂMETROS	19/08/2016	22/08/2016
TEMPERATURA °C	28,3	29,3
TURBIDEZ (UNT)	3,28	3,47
FÓSFORO (mg/L)	0,08	0,03
DBO5,20	-	1,81
NITROGÊNIO T. (mg/L)	-	5,02

SÓLIDOS TOTAIS (mg/L)	-	0,616
pH	7,00	6,95
COLIFORMES TERM. (NMP/100)	-	350
OXIGÊNIO DISSOLVIDO	5,7	9,46

Fonte: Autoria própria

Com o resultado da amostra das análises é possível notar que os valores de Turbidez, DBO₅, sólidos totais, pH e Oxigênio Dissolvido se enquadram nos limites estabelecidos pelos padrões de potabilidade da portaria de nº2914/2011 e da resolução CONAMA 357/2005 para classe de águas doce classe I.

A série de nitrogênio da amostra do Sítio Boágua é apresentada na tabela 11.

Tabela 11- Série de nitrogênio da amostra do Sítio Boágua

BOÁGUA	
Nitrito (mg/L)	<0,10
Nitrato (mg/L)	4,49
Nitrogênio Orgânico (mg/L)	0,25
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	0,18
Nitrogênio Total (mg/L)	5,02

Fonte: Autoria própria

Analisando os dados individualmente estão dentro dos valores permitidos pela portaria nº2914/2011 e pela resolução CONAMA 357/2005 para águas doces de classe I. Porém o poço apresentava eutrofização (Figura 32), um processo que ocorre devido ao excesso de nutrientes presentes na água (concentração de nitrato), é interessante resaltar que segundo a Resolução CONAMA 357/2005 os limites de nitrogênio total para ambientes lênticos é 1,27, para ser limitante para eutrofização, o que não ocorre.

Figura 32- Poço com eutrofização no Sítio Boágua



Fonte: Próprio Autor.

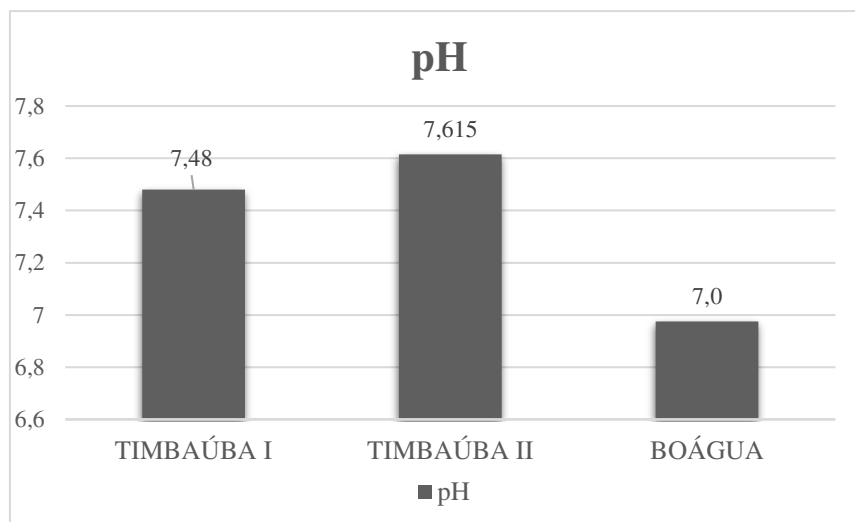
Os valores de coliformes fecais foram provavelmente influenciados pela contaminação de dejetos de animais soltos criados pelo proprietário no próprio terreno da barragem subterrânea ou possíveis contaminação de esgoto doméstico. Com isso, os parâmetros ultrapassam os limites de potabilidade, sendo permitido apenas para usos humanos secundários, visto que passa nos limites de balneabilidade.

5.2.4. COMPARAÇÃO DE RESULTADOS

A seguir serão avaliados e comparados os resultados médios de cada parâmetro das três barragens subterrâneas que foram avaliadas.

- pH:

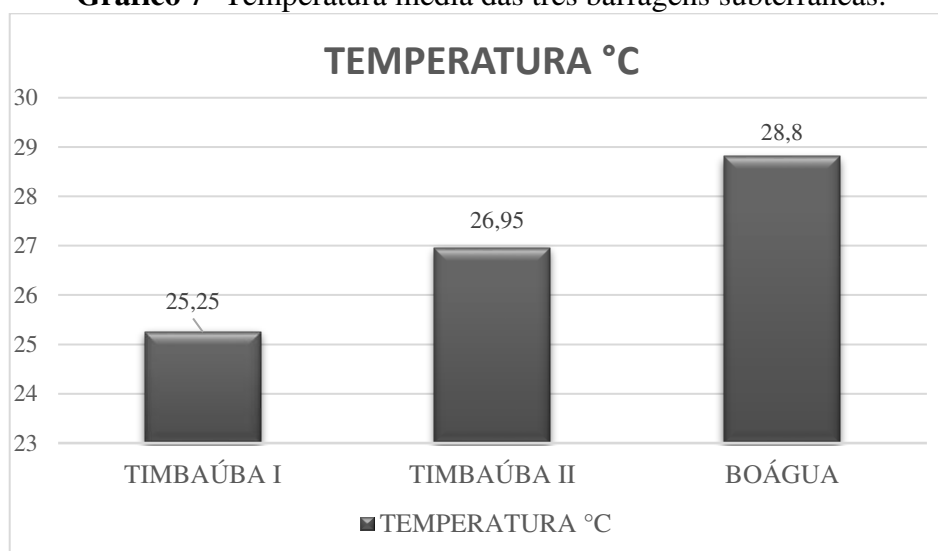
O gráfico 6 mostra os resultados médios de pH das amostras coletadas das três barragens subterrâneas. A água se apresentou neutra em todas as barragens, ocasionadas por neutralidade do solo. Todos os três se encontra dentro dos padrões máximos para potabilidade segundo a portaria nº 2914 quanto ao limite permitidos de pH.

Gráfico 6- pH médio das três barragens analisadas.

Fonte: Próprio do autor

- Temperatura:

As temperaturas médias das amostras apresentaram pequenas variações entre si, conforme mostrada no gráfico 7. Em Timbaúba I essa temperatura menor pode estar relacionada com o sombreamento feito no poço devido vegetação próxima. Já na Boágua a temperatura maior pode ser consequência da exposição total do espelho d'água sem qualquer proteção de vegetação.

Gráfico 7- Temperatura média das três barragens subterrâneas.

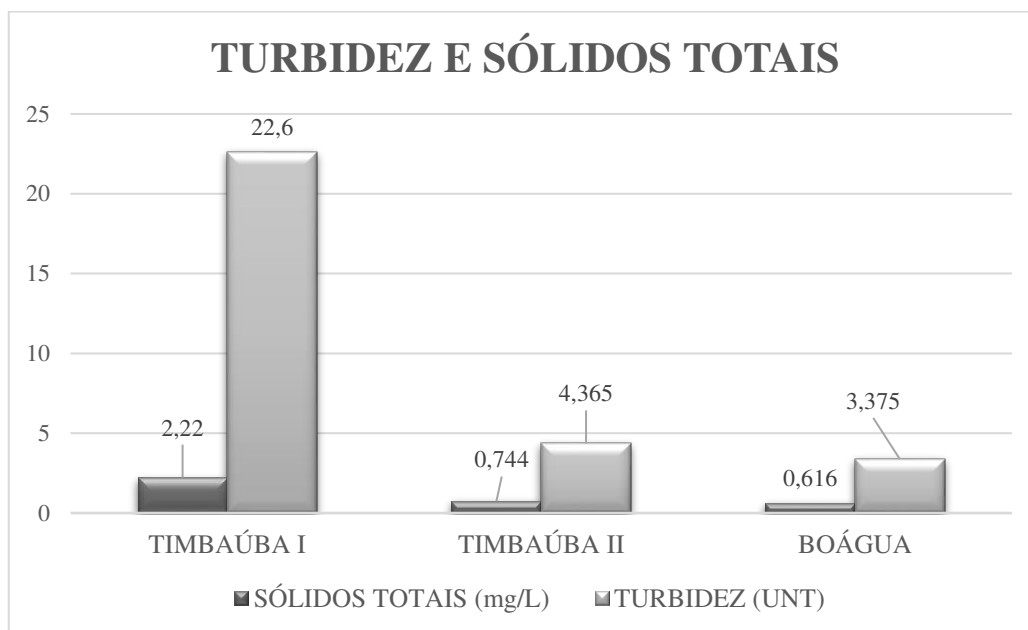
Fonte: Autoria própria

- Turbidez e Sólidos totais:

É possível notar no gráfico 8 a diferença dos resultados de turbidez entre as amostras coletadas, no qual a barragem Timbaúba I apresentou maior quantidade, devido sua maior

concentração de algas presentes na água, para utilização da mesma em irrigação será necessários cuidados para evitar problemas com o sistema. Já as barragens Timbaúba II e Boágua expressaram menores valores de turbidez, por não apresentar algas, somente vegetação aquática de maior porte. Nos valores de sólidos totais, a barragem Timbaúba I apresentou maiores concentrações seguindo as mesmas circunstâncias apresentadas em turbidez.

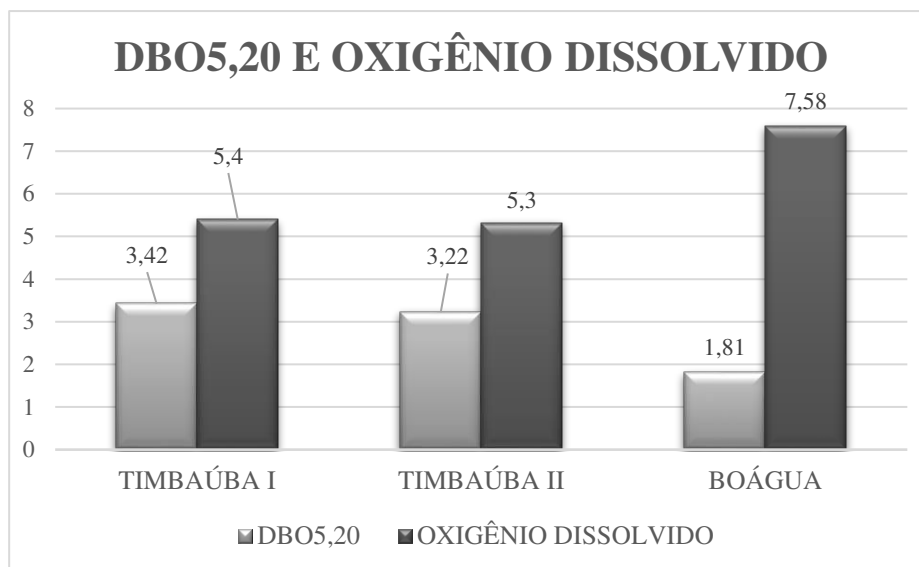
Gráfico 8- Turbidez média das três barragens



Fonte: Própria do autor.

- DBO₅, 20° e Oxigênio Dissolvido:

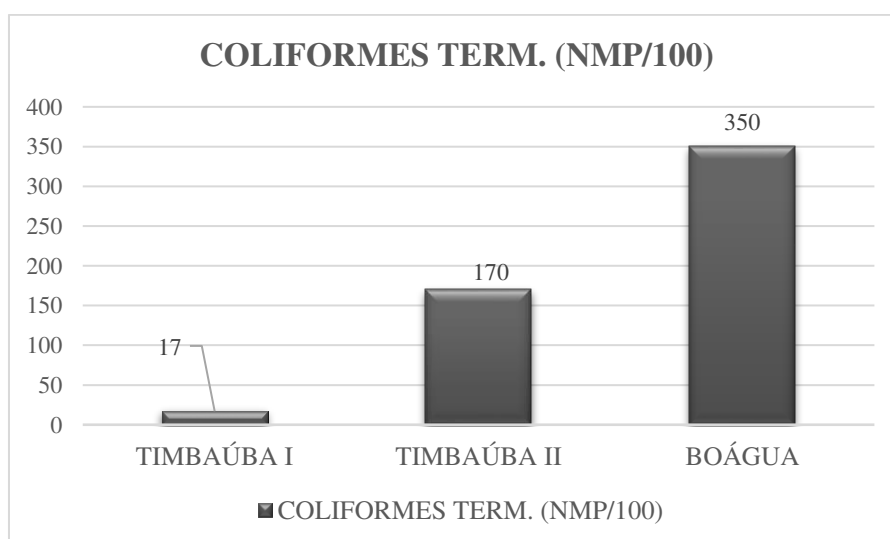
Os valores de DBO₅ indica um maior teor de matéria orgânica presente na águas, o qual ocasiona uma redução na concentração do oxigênio dissolvido, uma vez que o mesmo é consumido pelas bactérias para estabilizar a matéria orgânica, como pode-se observar no gráfico 9. Na Timbaúba I apresentou maior teor de matéria orgânica em consequência de maior quantidade de algas presentes na água, dessa forma os níveis de oxigênio foram os menores pois a bactérias consumiam o oxigênio para realizar a autodepuração da água.

Gráfico 9- Resultados de DBO e OD das três barragens

Fonte: Autor próprio

- Coliformes fecais:

Os resultados de coliformes termotolerantes nas três barragens, mostrada no gráfico 10, ultrapassaram os limites de potabilidade, porém são aceitáveis para balneabilidade. O valor maior em Boágua é oriundo principalmente das fezes de animais oriundas de criação próximo à barragem ou possíveis contaminações com esgoto doméstico. Para eliminação dos coliformes de forma simples pode ser através da adição de cloro na água com o intuito de desinfetar a mesma.

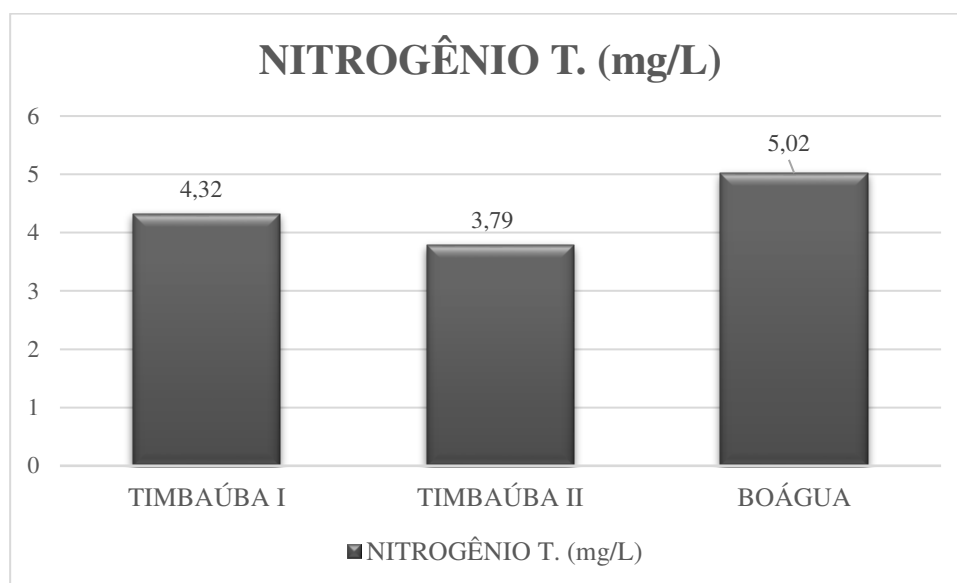
Gráfico 10- Valores de Coliformes Termotolerantes nas três barragens

Fonte: Autoria própria.

- Nitrogênio:

A presença de nitrogênio na amostra de Timbaúba I pode ser oriunda da contaminação com fertilizantes, no Timbaúba II a contaminação por efluentes domésticos ou pelos excrementos de animais, na Boágua esse índice é maior pelo fato da criação de animais trafegar sobre a barragem e contaminar com seus dejetos. Esse nitrogênio também pode ser oriundo de fontes naturais do próprio material de origem.

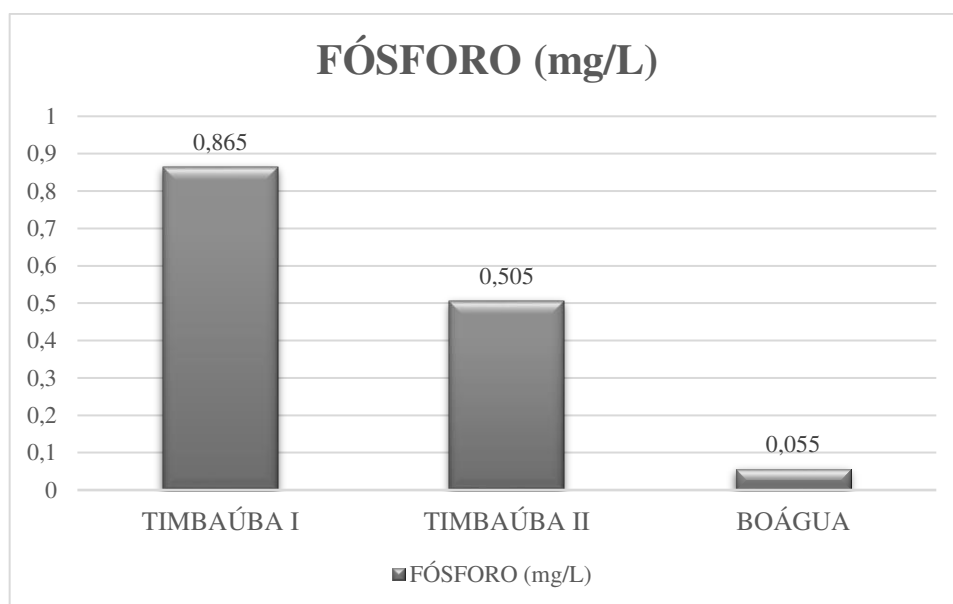
Gráfico 11- Dados de nitrogênio das três barragens



Fonte: Próprio autor.

- Fósforo:

Os dados de fósforos das três barragens são revelados no gráfico 12, é possível notar que a maior quantidade de foi na barragem Timbaúba I, podendo ser causado pelo uso de fertilizantes. Já na Timbaúba II pode ser por contaminação de fossa, esgotos domésticos ou dos excrementos dos animais. Esses valores também podem ser oriundos do próprio material de origem do solo.

Gráfico 12- Dados de fósforo das três barragens

Fonte: Próprio autor.

5.3 Cálculo do IQA e classificação da qualidade de água.

A partir dos resultados das análises de cada parâmetro pode-se calcular o Índice de Qualidade da Água segundo a metodologia utilizada pela CETESB. A tabela 12 mostra o cálculo do IQA com os valores das amostras da barragem Subterrânea no Sítio Timbaúba I.

Tabela 12- Cálculo do IQA para água do poço da barragem subterrânea - Timbaúba I

BARRAGENS SUBTERRÂNEA- TIMBAÚBA I			
PARÂMETROS	qi	w	qi^w
TEMPERATURA °C	88	0,1	1,565
TURBIDEZ (UNT)	58	0,08	1,384
FÓSFORO (mg/L)	48	0,1	1,473
DBO5,20	72	0,1	1,534
NITROGÊNIO T. (mg/L)	71	0,1	1,532
SÓLIDOS TOTAIS (mg/L)	81	0,08	1,421
pH	91	0,12	1,718
COLIFORMES TERM. (NMP/100)	65	0,15	1,870
OXIGÊNIO DISSOLVIDO	31	0,17	1,793
		IQA	61

Fonte: Próprio autor.

A água do poço de Timbaúba I foi classificada como razoável, sua diminuição no IQA estar relacionados com o aumento da concentração de turbidez e nitrogênio, das matérias

orgânicas presentes na água, em consequência disso a diminuição do oxigênio dissolvido e o aumento da DBO₅, pela decomposição da matéria orgânica.

A tabela 13 apresenta o cálculo do IQA dos resultados das análises feitas com amostra da barragem subterrânea localizada no Sítio Timbaúba II.

Tabela 13- Cálculo do IQA para água do poço da barragem subterrânea - Timbaúba II

BARRAGENS SUBTERRÂNEA- TIMBAÚBA II			
PARÂMETROS	qi	w	qi ^w
TEMPERATURA °C	81	0,1	1,552
TURBIDEZ (UNT)	82	0,08	1,423
FÓSFORO (mg/L)	60	0,1	1,506
DBO _{5,20}	75	0,1	1,540
NITROGÊNIO T. (mg/L)	78	0,1	1,546
SÓLIDOS TOTAIS (mg/L)	80	0,08	1,420
pH	90	0,12	1,716
COLIFORMES TERM. (NMP/100)	35	0,15	1,705
OXIGÊNIO DISSOLVIDO	78	0,17	2,097
		IQA	69

A classificação da água do poço Timbaúba II também foi razoável, porém os parâmetros que influenciaram na redução do valor de IQA foi a quantidade de fosforo e coliformes termotolerantes.

O cálculo do IQA com os valores das análises realizadas com as amostras da barragem subterrânea situada no Sítio Boágua é apresenta na tabela 14.

Tabela 14- Cálculo do IQA para água do poço da barragem subterrânea - Boágua

BARRAGENS SUBTERRÂNEA- BOÁGUA			
PARÂMETROS	qi	w	qi ^w
TEMPERATURA °C	89	0,1	1,567
TURBIDEZ (UNT)	85	0,08	1,427
FÓSFORO (mg/L)	96	0,1	1,578
DBO _{5,20}	90	0,1	1,568
NITROGÊNIO T. (mg/L)	65	0,1	1,518
SÓLIDOS TOTAIS (mg/L)	81	0,08	1,421
pH	90	0,12	1,716
COLIFORMES TERM. (NMP/100)	27	0,15	1,639
OXIGÊNIO DISSOLVIDO	99	0,17	2,184
		IQA	73

Fonte: Próprio Autor

Já a água do poço da Boágua foi classificada como boa, porém apresentou altas concentrações de coliformes termotolerantes e nitrogênio total, no qual influenciaram para redução do valor de IQA.

Com base nos valores do IQA calculados das três barragens, pode-se avaliar sua qualidade segundo a classificação das faixas de IQA utilizada no estado do RN, conforme é apresenta na tabela 15.

Tabela 15- Avaliação da qualidade da água

BARRAGENS SUBTERRANEAS	IQA	AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA
TIMBAÚBA I	61	RAZOAVEL
TIMBAÚBA II	69	RAZOAVEL
BOÁGUA	73	BOA

Fonte: Autoria própria.

6. CONCLUSÃO

As águas obtidas nas barragens são de origem subterrâneas, porém não atendem aos padrões de potabilidade da água, principalmente no que se refere aos parâmetros físicos, químicos e biológicos, sendo assim são indicadas para consumo humano secundários.

De acordo com a resolução CONAMA 357/2005, a água do poço de Timbaúba I se enquadra no tipo salobra, porém não se encaixa em nenhuma das classes devido as concentrações de materiais em suspensão ultrapassarem os limites estabelecidos. Nas demais barragens as águas do tipo doce, em Timbaúba II se encaixa em classe II e Boágua a classe I.

Diante dos resultados dos parâmetros, os resultados do índice de qualidade da água para as amostras de Timbaúba I, Timbaúba II e Boágua, foram respectivamente 61 69 e 73.

Para adequar essas águas para consumo humano primário seria necessário realizar análises mais detalhadas e de outros parâmetros existentes na portaria nº 2914. Necessitam de desinfecção realizado por pequenos ajustes como cloração nas águas dos poços de Timbaúba II e Boágua para ser utilizadas para consumo potável. Já o Timbaúba I por ser uma água salobra pode ser utilizado para consumo humanos secundários.

Algumas medidas podem auxiliar para evitar ou diminuir a contaminação das águas, como isolar a área da barragem com o auxílio de cercas para impedir a passagem de animais sobre a mesma e contamina-la com seus excrementos; cobrir o poço com lona ou tampa de concreto para evitar que materiais orgânicos caiam na água e usar bombas para evitar movimentação do poço.

Concluiu-se que a qualidade da água das três barragens, sofreu alterações nos parâmetros químicos, físicos e biológicos transcorreu devido as ações antropogênicas, através de fertilizantes, excrementos de animais e possíveis contaminação por efluentes. Dessa forma o trabalho mostra a importância do índice de qualidade da água para informar os proprietários quais as possíveis ações que prejudica nas características da água e possíveis soluções ou prevenções para melhorar a qualidade da água dos poços.

7. REFERÊNCIAS

ABAS- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ÁGUAS SUBTERRANEAS. **Poços para captação de água**. Disponível em: <http://www.abas.org/educacao_pocos.php> Acesso em: 25 de outubro de 2016

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Indicadores de qualidade - índice de qualidade das águas (IQA)**. Portal da Qualidade das Águas. Disponível em: <http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>. Acesso em: 25 de julho de 2016.

ANDRADE NETO, Cícero Onofre de. **Proteção sanitária das cisternas rurais**. In. XI Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Natal/RN, 2004.

BARBOSA, A. G.; LOPES, F; SOUZA, J. E. de; LIMA, M. de SOUZA; BAPTISTA, N. de Q.; BROCHARDT, V. **Caminhos para a convivência com o semi-árido**. 3. ed. Recife: ASA, 2008. 81 p.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 357, de 17 de Março de 2005**. Publicada no *Diário Oficial da União* de 18 de Março de 2005. Pg 58-63. Disponível < <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>> acessado 20/08/2016.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria MS nº 2914, de 12 de dezembro de 2011**. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. *Diário Oficial da União*, 14 de dezembro de 2011. Disponível < http://www.comitepcj.sp.gov.br/download/Portaria_MS_2914-11.pdf> acessado 02/08/2016.

BELTRÃO, Breno Augusto. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea: DIAGNÓSTICO DO MUNICÍPIO DE CARAÚBAS**. Recife: Ministério de Minas e Energia, 2005. 24p.

BRITO, L. T. de L.; SILVA, A. de S.; MACIEL, J. L.; MONTEIRO, M. A. R. **Barragem subterrânea I: construção e manejo**. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA, Boletim de Pesquisa, 36, 38 p., il., 1989.

BRITO, L. T. de L.; SILVA, D. A. da; CAVALCANTI, N. de B.; ANJOS, J. B. dos; RÊGO, M. M. do. **Alternativa tecnológica para aumentar a disponibilidade de água no semi-árido**. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, PB, v. 3, n. 1, p. 111-115, 1999.

CAPUCCI, E., MARTINS, A. M., MANSUR, K.L., MONSORES, A.L.M. **Poços tubulares e outras captações de água subterrânea – Orientação aos usuários – Rio de Janeiro- RJ**, 2001

CETESB- COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem**. São Paulo/Sp., 2009.

CIRILO, J.A. **Políticas Públicas de Recursos Hídricos para o Semi-árido brasileiro**. Universidade de São Paulo, São Paulo. Vol. 63: 61-82, 2008.

CONTE, M de L., LEOPOLDO, P.R. **Avaliação dos Recursos Hídricos: Rio Pardo, um exemplo**. São Paulo, Editora: UNESP, 2001, 141p.

COSTA, Fernando Barbosa; FERREIRA, Vanderlei de Oliveira. **Análise de parâmetros que compõem o índice de qualidade das águas (iqa) na porção mineira da bacia do rio Paranaíba**. Revista Eletrônica de Geografia, v.7, n.18, p. 22-47, set. 2015.

COSTA, Margarida Regueira da. **Avaliação do potencial de aproveitamento de reservatórios constituídos por barragens subterrâneas no semi-árido brasileiro**. Recife/PE, 198f., il:figs.,tabs, 2002.

COSTA, Waldir Duarte; CIRILO, José Almir; PONTES, Murilo; MAIA, Aerton Zamboni e SOBRINHO, Oswaldo Pereira. **Barragem subterrânea: uma forma eficiente de conviver com a seca**. In X Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, São Paulo/SP, 1998.

COSTA, W.D. *Barragens subterrâneas: conceitos básicos, aspectos locacionais e construtivos*. In: CABRAL *et al.* (ORG.) **Água Subterrânea: Aquíferos Costeiros e Aluviões, Vulnerabilidade e Aproveitamento**. Tópicos Especiais em recursos Hídricos Vol. 5. Recife: UFPE, 2004, p.13-60.

DANTAS, Lícia Cristian Andrade. **Avaliação das barragens subterrâneas no regime de um curso d'água na região do Semi-Árido do RN**. Natal/RN. 2009.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Instruções técnicas da Embrapa Semiárido: Barragens Subterrâneas**. nº 49, Petrolina, 2011.

GASTALDINI, M. **Índices de Qualidade da Água: Estado da Arte e Estudo de Caso**. In *Anais Primer Simposio Latinoamericano de Tratamiento y Reuso Del Agua y Residuos Industriales*. Ciudad de México, 25 al 29 de maio 1998 p.66.1-66.12.

GNADLINGER, João. **Apresentação Técnica de Diferentes Tipos de Cisternas, Construídas em Comunidades Rurais do Semi-árido Brasileiro**. In. 9ª Conferência Internacional sobre Sistemas de Captação de Água de Chuva. Petrolina, Brasil, 1999

IDEMA-INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E MEIO AMBIENTE DO RIO GRANDE DO NORTE. **Perfil do seu município: Caraúbas**. Natal, RN. 2008.

IPT- INSTITUTO DE PESQUISA TECNOLÓGICA. **Levantamento das potencialidades para implantação de barragens subterrâneas no Nordeste: bacias dos Rios Piranhas-Açu/RN e Jaguaribe/CE**. São Paulo: IPT, 1981. 56 p.

IBGE- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICAS. **Censo Demográfico e Contagem da População: tabela 3218**. 2010.

LIMA, A. DE O.; DIAS, N. DA S.; FERREIRA NETO, M.; SANTOS, J. E. J. DOS; REGO, P. R. DE A. e LIMA-FILHO, F. P. **Barragens subterrâneas no semiárido brasileiro: análise histórica e metodologias de construção**. In *IRRIGA*, v. 18, n. 2, p. 200, 2013.

MEDRONHA, Gabriela de Azevedo; *et al.* **Avaliação da qualidade da água do canal São Gonçalo/RS através do índice de qualidade de água.** In: XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Bento Gonsalves- RS, 2013.

NUNES, Mônica Belo. **Planejamento e construção de cisternas para captação e armazenamento de água da chuva.** Rede de Tecnologia e Inovação do Rio de Janeiro – REDETEC, 2011.

OLIVEIRA, J. B. **Manual técnico operativo do PRODHAM.** Fortaleza: SRH, 2001.

OLIVEIRA, João Bosco de; ALVES, Josualdo Justino; FRANÇA, Francisco Mavignier Cavalcante. **Barragem Subterrânea.** Cartilhas Temáticas: Tecnologia e Práticas Hidroambientais para convivência com o Semiárido. Fortaleza/CE, 2010.

OLIVEIRA, P. A. V. de.; KUNZ, A.; PERDOMO, C. C. **Construção de cisternas para o armazenamento da água de chuva.** Concórdia, 2005.

PADRE, Layon Acadias Alves Basilio. **Avaliação técnica e econômica da implantação de um sistema de coleta de águas pluviais na UFERSA – Campus Caraúbas.** Caraúbas/RN, 2015.46f.: il.

PALUDO, Diego. **Qualidade da água nos poços artesianos do município de Santa Clara do Sul.** Lajeado, 2010.

SANTOS, A C. **Noções de hidroquímica.** In: Hidrogeologia-conceitos e aplicações. 2 ed. Fortaleza: CPRM/REFO, LABHID-UFPB, cap.5, p. 81-108. 2000.

SANTOS, J. P. dos; FRANGIPANI, A. **Barragens submersas - uma alternativa para o Nordeste brasileiro.** In: Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, 2., 1978, São Paulo. Anais... São Paulo: ABGE, 1978. v.1. p.119- 121.

SILVA, C. K. **Barragens subterrâneas: avaliação temporal da salinidade da água.** In. XXX Seminário de Iniciação Científica, UFERSA, Mossoró/RN, 2016.

SILVA, M. L. da; MENDONÇA, C. E. S.; ANJOS, J. B. dos; HONÓRIO, A. P. M.; SILVA, A. de S.; BRITO, L. T. L. **Barragem Subterrânea: água para produção de alimentos.** In EMBRAPA. Potencialidades da água de chuva no semiárido brasileiro. Petrolina - PE, 2007. ap. 6. p. 121-137.

SILVA, M.S.L. da; OLIVEIRA NETO, M.B. de; FERREIRA, G.B.; MOREIRA, M.M.; MENDES, A.M.S.; CUNHA, T.J.; SANTOS, J.C.P. dos; PARAHYBA, R. da B.V.; ANJOS, J.B. dos; MATIAS, J.A.B.; ROCHA, J.C. **Atributos físicos e químicos de solos em áreas de barragens subterrâneas no Agreste e no Planalto da Borborema.** Estado da Paraíba. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2010. 10p. il. (Embrapa Solos, Circular Técnica, 4)

SILVA, Valdemir Ferreira da. **Avaliação da qualidade da água em barragem subterrânea no semiárido.** Caruaru, 85f.; il.; 2013.

SOUZA, J. R. M. de; SILVA, M.S.L. da; NETO, M. B. de O.; FREIRE, M. B. G. dos S.; SILVA, D. **Barragens subterrâneas no semiárido: Qualidade da água de poços localizados**

em área de plantio. In: XXXV CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 2015, Natal-RN.

SOUZA, S. H. B. de; SANTOS, S. M. dos; MONTENEGRO, S. M. G. L.; ORLANDO, R.; NÓBREGA, R. L. B. **Instalação de modelos piloto para captação de águas de chuva no semi-árido Pernambucano.** In: IX Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste. Salvador/BA. 2008.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** 3. Ed. 452 p. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2005. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, v.1).