



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CAMPUS CARAÚBAS
CIÊNCIA E TECNOLOGIA

POLIANA LUANA ABREU DINIZ

**ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA DE AMASSAMENTO UTILIZADA NA
CONSTRUÇÃO CIVIL NO MUNICÍPIO DE CARAÚBAS-RN.**

CARAÚBAS – RN

2019

POLIANA LUANA ABREU DINIZ

**ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA DE AMASSAMENTO UTILIZADA NA
CONSTRUÇÃO CIVIL NO MUNICÍPIO DE CARAÚBAS-RN.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Ciência e Tecnologia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), como parte dos requisitos para obtenção do Título de Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Orientador: Prof. Dr. Daniel Freitas Freire Martins.

CARAÚBAS – RN

2019

© 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.

DD583 Diniz, Poliana Luana Abreu .
a ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA DE AMASSAMENTO
 UTILIZADA NA CONSTRUÇÃO CIVIL NO MUNICÍPIO DE
 CARAÚBAS-RN. / Poliana Luana Abreu Diniz. - 2019.
 69 f. : il.

 Orientador: Daniel Freitas Freire Martins.
 Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Ciência e
Tecnologia, 2019.

 1. Cimento e água. 2. Composição do concreto.
3. Patologias. 4. ABNT NBR 15900:2009. I.
Martins, Daniel Freitas Freire , orient. II.
Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

POLIANA LUANA ABREU DINIZ

**ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA DE AMASSAMENTO UTILIZADA NA
CONSTRUÇÃO CIVIL NO MUNICÍPIO DE CARAÚBAS-RN.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de ciência e tecnologia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), como parte dos requisitos para obtenção do Título de Bacharel em Ciência e Tecnologia.

APROVADO EM: 12/08/2019



Prof. Dr. Daniel Freitas Freire Martins - UFERSA
Presidente



Prof. Dr. André Moreira de Oliveira - UFERSA
Membro



Prof^ª. Me. Ana Cláudia Araújo Fernandes - UFERSA
Membro

*A minha expiração e exemplo de mulher: minha
mãe, que sempre confiou em mim.*

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus, por ter me guiado até aqui e me permitido viver os dias mais difíceis de forma mais leve.

A minha família, em especial a minha mãe Maria das Neves que é meu porto seguro, ao meu pai João Diniz e meu irmão Pablo Luan, por estarem presentes em minha vida e fazerem parte dessa conquista.

As minhas irmãs de coração Érika Costa, Hortência Marinho, Joice Costa, Laynara Santiago e Mikaelly Soares, que estão presentes em minha vida me ajudando e incentivando nos dias mais difíceis.

Ao meu namorado Robson Santos, que está sempre ao meu lado me motivando.

Aos meus vizinhos e amigos Paulo Walter, Matheus Wilson, Roberto Bandeira e Sandson Torres, por tornarem os meus dias mais alegres.

Aos colegas que se tornaram amigos ao decorrer de cada semestre.

Ao meu orientador, prof. Dr. Daniel Freitas Freire Martins, pela orientação, paciência, confiança e todos os ensinamentos.

Aos meus amigos, por todos os momentos que vivemos juntos e compreensão na minha ausência.

“Quando clamei, tu me respondeste;
deste-me força e coragem. ”

Salmo 138:3

RESUMO

O surgimento frequente de patologias em concretos nas obras da construção civil vem despertando nesse meio o desejo de se obter respostas para minimizar a degradação desse concreto e identificar as causas que as cometem. O concreto de cimento Portland é composto por uma mistura de agregados graúdos e miúdos que são unidos pela pasta de cimento, uma relação de cimento e água. A qualidade da água usada na formação do concreto é de fundamental importância, pois ela precisa ser isenta de impurezas que venha prejudicar as reações que ocorrem durante o processo de hidratação desse cimento, assim como influenciará quando a sua quantidade for excedida durante a mistura. Levando em consideração ao que foi dito, esse trabalho teve como objetivo verificar a qualidade físico-química das águas de amassamento utilizadas na construção civil no município de Caraúbas-RN, fazendo análises quantitativas e qualitativas das águas usadas nos canteiros de obras com base na ABNT NBR 15900:2009 e Standard Methods of APHA (2005). Para isso, foi necessário fazer a coleta de água em diferentes construções. As amostras coletadas foram levadas ao laboratório da própria universidade (UFERSA), onde foram realizadas as análises físico-química conforme especificação da ABNT NBR 15900:2009 e Standard Methods of APHA (2005). Feitas as análises, obteve-se resultados semelhantes entre as amostras com exceto do ponto de coleta 6, que apresentou alto teor de sais (cloreto, sódio, potássio, magnésio e cálcio). Porém, apesar do ponto 6 apresentar grandes diferenças entre os demais pontos, ele se encontra dentro da norma. Dessa forma, foi possível concluir que as águas usadas nos canteiros de obra estão todas de acordo com a ABNT NBR 15900:2009, logo, estão aptas para o uso de amassamento na formação do concreto.

PALAVRAS-CHAVE: Cimento e água. Composição do concreto. Patologias. ABNT NBR 15900:2009.

ABSTRACT

The frequent appearance of pathologies in concretes in the construction works has aroused in this environment the desire to obtain answers to minimize the degradation of this concrete and identify the causes that commit them. Portland cement concrete is composed of a mixture of coarse and fine aggregates that are joined by cement paste, a cement-water ratio. The quality of the water used in the formation of concrete is of fundamental importance, as it needs to be free of impurities that may impair the reactions that occur during the hydration process of this cement, as well as influence when its quantity is exceeded during the mixing. Taking into account what has been said, this work aimed to verify the physical-chemical quality of the kneading water used in construction in the municipality of Caraúbas-RN, making quantitative and qualitative analyzes of the water used in construction sites based on ABNT NBR 15900: 2009 and Standard Methods of APHA (2005). For this, it was necessary to collect water in different buildings. The collected samples were taken to the university's own laboratory (UFERSA), where the physicochemical analyzes were performed according to specification of ABNT NBR 15900:2009 and Standard Methods of APHA (2005). After analysis, similar results were obtained between samples except for collection point 6, which showed high salt content (chloride, sodium, potassium, magnesium and calcium). However, although point 6 has large differences between the other points, it is within the norm. Thus, it was possible to conclude that the water used in the construction sites are all in accordance with ABNT NBR 15900:2009, therefore, they are suitable for the use of kneading in the concrete formation.

KEYWORDS: Cement and water. Composition of the concrete. Pathologies. ABNT NBR 15900: 2009.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Resistência da compressão com relação ao fator água/cimento.	21
Figura 2 - Uso da água.	28
Figura 3 - Qualidade das águas subterrâneas do município.	28
Figura 4 - Local onde foram retiradas a água das amostras: (a) Cisterna de captação de água e (b) Cacimbão.	31
Figura 5 - Local onde foram retiradas a água das amostras: (a) Caixa d'água aberta e (b) Reservatório gradeado.	32
Figura 6 - Pontos de coleta.	32
Figura 7 - Análise qualitativa.	33
Figura 8 - Cadinhos após os procedimentos com a matéria inorgânica das amostras.....	37
Figura 9 - Precipitado de cromato de prata (Ag_2CrO_4) avermelhado.....	38
Figura 10 - Fotômetro fazendo a quantificação do potássio.	39
Figura 11 - Amostra 6 com presença de detergente.	43
Figura 12 - Comparativo do pH.....	44
Figura 13 - Comparativo da condutividade térmica dos pontos de coleta.	45
Figura 14 - Comparativo do teor de cloreto nas amostras coletadas.	46
Figura 15 - Comparativo dos sólidos totais.....	47
Figura 16 - Comparativo dos sólidos totais orgânicos.	48
Figura 17 - Comparativo dos sólidos totais inorgânicos.	49
Figura 18 - Comparativo da dureza total entre os pontos de coleta.	50
Figura 19 - Comparativo entre as amostras de Cálcio.....	51
Figura 20 - Comparativo entre as amostras de magnésio.....	52
Figura 21 - Teores de sódio.....	53
Figura 22 - Teores de potássio.	54
Figura 23 - Comparativo da turbidez.....	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Quantidade de pH presentes das amostras.	64
Tabela 2 - Condutividade elétrica nas amostras.	64
Tabela 3 - Quantidade de cloreto presente nas amostras.	64
Tabela 4 - Análises ST, STO e STI.	65
Tabela 5 - Dureza total obtida nas análises	65
Tabela 6 - Quantidade de cálcio contido nas amostras.	66
Tabela 7 - Quantidade de magnésio encontrado nas amostras.	66
Tabela 8 - Quantidade de sódio presentes nas amostras.	67
Tabela 9 - Turbidez apresentado nas amostras.	67

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Requisitos para inspeção preliminar de água destinada ao amassamento de concreto.	23
Quadro 2 - Equipamentos utilizados.	30
Quadro 3 - Materiais e reagentes.....	30
Quadro 4 - Informações referente a origem da água e forma de armazenamento.	41
Quadro 5 - Análises preliminares das amostras de água coletadas.....	42
Quadro 6 - Classificação das águas quanto ao grau de dureza.....	50

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT = Associação Brasileira de Normas Técnicas

a/c = Água/Cimento

Ag_2CrO_4 = Cromato de prata

AgNO_3 = Nitrato de prata

Ca(OH)_2 = Hidróxido de Cálcio

CaCl_2 = Cloreto de cálcio

CaCl_2 = Cloreto de cálcio

CAERN = Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte

Ca = Cálcio

Cl^- = Cloreto na água

CO_2 = Dióxido de Carbono

CO_2 = Gás carbono

CSH = Silicatos de cálcio hidratados

EDTA = Ácido Etilenodiamino tetra-acético

H_2CO_3 = Ácido Carbônico

IBGE = Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

K = Potássio

Mg = Magnésio

Na = Sódio

NaOH = Hidróxido de Sódio

NBR = Normas Brasileiras

pH = Potencial Hidrogeniônico

RN = Rio Grande do Norte

SO_4^{2-} = Sulfato

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
2 OBJETIVOS	18
2.1 Objetivo geral.....	18
2.2 Objetivos específicos.....	18
3 REVISÃO DA LITERATURA	19
3.1 Águas e suas reservas	19
3.2 Água na construção civil	19
3.2.1 Argamassas	20
3.2.2 Concreto	20
3.3 Relação água/cimento.....	21
3.4 Hidratação	22
3.5 Durabilidade	22
3.6 Parâmetros físico-químicos da água de amassamento	23
3.7 Propriedades químicas	23
3.7.1 Cloreto	23
3.7.2 Sulfatos	24
3.7.3 Álcalis.....	24
3.8 Influência da composição físico-química na qualidade do concreto e argamassa	24
3.9 Patologias nas edificações	24
3.9.1 Fissuras, trincas e rachaduras	25
3.9.2 Corrosão nas armaduras	25
3.9.3 Eflorescência	26
3.9.4 Sulfato.....	27
3.10 Distribuição de água no Município de Caraúbas	27
4 MATERIAIS E MÉTODOS	29
4.1 Materiais.....	29
4.1.1 Vidrarias e utilitários	29
4.1.2 Equipamentos	29
4.1.3 Reagentes.....	30
4.2 Métodos	31
4.2.1 Coleta.....	31
4.2.2 Execução das análises qualitativas	33
4.2.2.1 Odor detergente, óleo e cor.....	34

4.2.2.2 Medida do potencial hidrogeniônico (pH).....	34
4.2.2.3 Odor com relação a sulfeto	34
4.2.3 Execução das análises quantitativas	34
4.2.3.1 Determinação da dureza total	34
4.2.3.2 Determinação do cálcio	35
4.2.3.3 Determinação do magnésio	35
4.2.3.4 Determinação dos sólidos totais, orgânicos e inorgânicos	36
4.2.3.5 Determinação de cloreto – Método de Mohr.....	38
4.2.3.6 Determinação de potássio e sódio	39
4.2.3.7 Turbidez.....	40
4.2.3.8 Condutividade.....	40
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
5.1 Análise preliminar das amostras de água	41
5.2 Análises quantitativas	43
5.2.1 Potencial Hidrogeniônico	43
5.2.2 Condutividade.....	45
5.2.3 Cloreto	45
5.2.4 Sólidos Totais	47
5.2.5 Dureza total.....	49
5.2.6 Cálcio e Magnésio	51
5.2.7 Sódio e Potássio.....	52
5.2.8 Turbidez.....	54
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	56
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58
8 APÊNDICES	64

1 INTRODUÇÃO

Um dos principais componentes da construção civil é o concreto de cimento Portland. Ele é fundamental na construção de grandes obras arquitetônicas, assim como em obras residenciais. Existem diversos tipos de concreto e cada um cumpre uma função diferente da outra. Segundo Salgado (2014), a tecnologia pode conferir ao projetista e ao construtor concretos para as mais diversas aplicações e finalidades. A diferença na sua composição irá variar dependendo do local onde for utilizado e esses vão desde a fundação até acabamentos.

Alguns dos concretos mais conhecidos e utilizados são os concretos, convencional, concreto armado, concreto de alto desempenho e concreto protendido, eles se diferenciam pela composição de diferentes matérias-primas. Na NBR 12655-2006 tem-se que o concreto de cimento Portland é um material formado pela mistura homogênea de cimento e agregados miúdos e graúdos e água, com ou sem a incorporação de componentes minoritários (aditivos químicos, metacaulim ou sílica ativa), que desenvolve suas propriedades pelo endurecimento da pasta de cimento (cimento e água). A mistura desses componentes na formação do concreto é de grande importância na sua fase final, pois ele ficará exposto a diversos fatores que irão influenciar na sua vida útil. A resistência do mesmo irá depender do consumo de cimento, tipos de agregados e o fator água/cimento, sendo o último seu principal influenciador.

A quantidade de água utilizada na formação do concreto irá influenciar na resistência do produto final, assim o fator água/cimento deve ser balanceado, utilizando uma quantidade certa de água que irá facilitar no seu manuseio. Caso haja um excesso de água ocorrerá um aumento na retração do concreto ao secar, ocasionando fissuras.

A sua utilização no amassamento do concreto requer cuidados, pois não é todo tipo de água que poderá ser usada nesse processo. Segundo a ABNT NBR 15900-1:2009, de modo geral, em função de sua origem, é possível verificar se a água é adequada ou não para a preparação de concreto. Cada tipo de água tem uma característica diferente das demais e o que os diferenciam são as propriedades químicas. Quando o teor dessas propriedades está acima do indicado na NBR 15900:2009, ela irá afetar a formação final do concreto. Essas propriedades são identificadas através de procedimentos laboratoriais que irá avaliar o teor de cada elemento. Uma amostra deve ser avaliada, assim que possível, após a coleta, com relação a presença de óleo e gorduras, detergentes, cor, material sólido, odor, ácidos e matéria orgânica (NBR 15900-3:2009). Após esses testes a água passa por procedimentos mais rígidos para a identificação de propriedades químicas como cloreto, sulfatos, álcalis e contaminações prejudiciais.

As patologias que podem surgir em função do uso de águas de má qualidade são diversas. Segundo Souza e Ripper (1998), a influência da água na alteração das propriedades do concreto acontece através das substâncias nela dissolvidas ou em suspensão. Nestes casos, se a quantidade for elevada, poderá acontecer o impedimento da cristalização dos produtos da reação do cimento com a água, com a consequente perda de coesão do produto. Devido a isso irão aparecer fissuras, manchas, eflorescências e trincas que afetarão diretamente a resistência e durabilidade das estruturas.

As águas usadas nas construções civis no município de Caraúbas são provenientes de poços, açudes e da Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte – CAERN. A ABNT NBR 15900:2009 diz que toda água descrita como potável está apta a ser usada nos canteiros de obra, logo as águas provenientes da CAERN podem ser usadas sem necessidade de se fazer qualquer tipo de análise, porém, as condições do seu armazenamento podem prejudicar a qualidade da mesma. Já as águas retiradas de poços e açudes precisam passar por análises que possam classificá-las como aptas ou não para o seu uso.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Verificar a qualidade físico-química das águas de amassamento utilizadas na construção civil no município de Caraúbas-RN.

2.2 Objetivos específicos

- a) Fazer um levantamento das obras de construção civil existentes no município de Caraúbas-RN;
- b) Identificar a origem da água utilizada no concreto de cimento Portland;
- c) Determinar a qualidade físico-química da água de acordo com a Norma Técnica ABNT NBR 15900:2009;
- d) Verificar a viabilidade de utilização da água de amassamento no concreto de cimento Portland.

3 REVISÃO DA LITERATURA

Este capítulo tem como objetivo introduzir alguns conceitos relacionados a água na construção, a sua utilização nos materiais cimentícios e sua relação com o cimento Portland. Assim como, falar sobre suas características físico-química quando ao amassamento de concreto.

3.1 Águas e suas reservas

A maior parte da superfície da Terra está coberta por água (70%), por isso a chamamos de Planeta Azul. Do volume total de água do planeta, 97,5% é salgada, compondo os mares e oceanos, e apenas 2,5% é doce. Porém, da água doce existente na Terra, 68,9% formam as calotas polares, geleiras e neves eternas (que cobrem os cumes das montanhas), 0,9% corresponde à umidade do solo e pântanos, 0,3% aos rios e lagos, e os 29,9% restantes são águas subterrâneas (ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 2007).

Apesar do Brasil ser um país rico em água, apenas uma parcela dela é aproveitada para uso. Estima-se que o país possua cerca de 12% da disponibilidade de água doce do planeta (ANA, 2007). A água é distribuída para todo o Brasil e utilizada para diversos fins, como consumo humano, em indústrias, construção civil, na agricultura entre outros.

Segundo Águas Subterrâneas (2007), embora seja difícil o acesso dos seres humanos as águas subterrâneas, existe diferentes formas de captação dessas águas e recebem diversas denominações, como; cacimba, cacimbão, poço amazonas, cisterna, poço profundo, poço raso, poço artesiano entre outros.

Todd (1959) define os poços d'água como sendo "um furo ou cava, geralmente vertical, escavado no terreno para trazer água subterrânea até a superfície". O mesmo classifica os poços como sendo "poços rasos" e "poços perfurados".

3.2 Água na construção civil

A água é usada em quase todos os serviços de engenharia, tanto para a higiene pessoal quanto para o uso no preparo dos materiais básicos, às vezes como componente e outras como ferramenta. Entra como componentes nos concretos e argamassas e na compactação dos aterros e como ferramenta nos trabalhos de limpeza, resfriamento e cura do concreto (NETO, 2003). O seu uso é indispensável, principalmente na produção de argamassas e concreto.

Segundo Ambrozewicz (2012), a água usada no amassamento dos aglomerantes para a argamassa deve ser limpa, e está dentro das normas estabelecidas (pH 5,00 baixas concentrações de matéria orgânica, sólidos, sulfatos, cloreto, óleos, entre outros) para garantir a homogeneidade do material misturado.

A função da água na mistura dos componentes é hidratar o cimento, evitando o estado “farofa” e possibilitando um aspecto pastoso, mas sem transformar o material em uma sopa. Giammusso (1992) reforça que a consistência é um dos principais fatores que influencia a trabalhabilidade. Aumentando a quantidade de água, a mistura fresca se torna mais mole, mais plástica e mais trabalhável.

Assim, a qualidade dos concretos e argamassas depende indiretamente da dosagem dos materiais, e está ligada diretamente ao fator água/cimento, influenciando diretamente o desenvolvimento da resistência à compressão. (NETO 2003). Caso haja grande diferença na dosagem, haverá a diminuição na resistência dos concretos e argamassas.

3.2.1 Argamassas

Os materiais cimentícios, tais como argamassas e concretos, são compósitos particulados constituídos por duas fases: uma é denominada pasta e a outra os agregados (CALLISTER; RETHWISCH, 2014).

Existem diferentes tipos de argamassas e cada uma específica para o seu uso, como rejuntamento, revestimento, assentamento, contrapiso, impermeabilização e grauteamento, entre outros. A produção das argamassas consiste praticamente na mistura de cimento Portland, agregados miúdos e água. A pasta formada por aglomerante e água, é misturado com algum tipo de agregado miúdo e pode haver presença de alguns aditivos. O material ativo envolve os grãos do material inerte, que ao curar e secar durante o estado fresco, forma a argamassa endurecida (SILVA, 2007).

3.2.2 Concreto

Na composição do concreto, é utilizado tradicionalmente areia como agregado miúdo e pedra britada como agregado graúdo. O agregado miúdo atua na composição do cimento favorecendo a coesão, enquanto a principal função do agregado graúdo é contribuir para a resistência mecânica. Um quarto componente pode integrar a composição típica do concreto: o

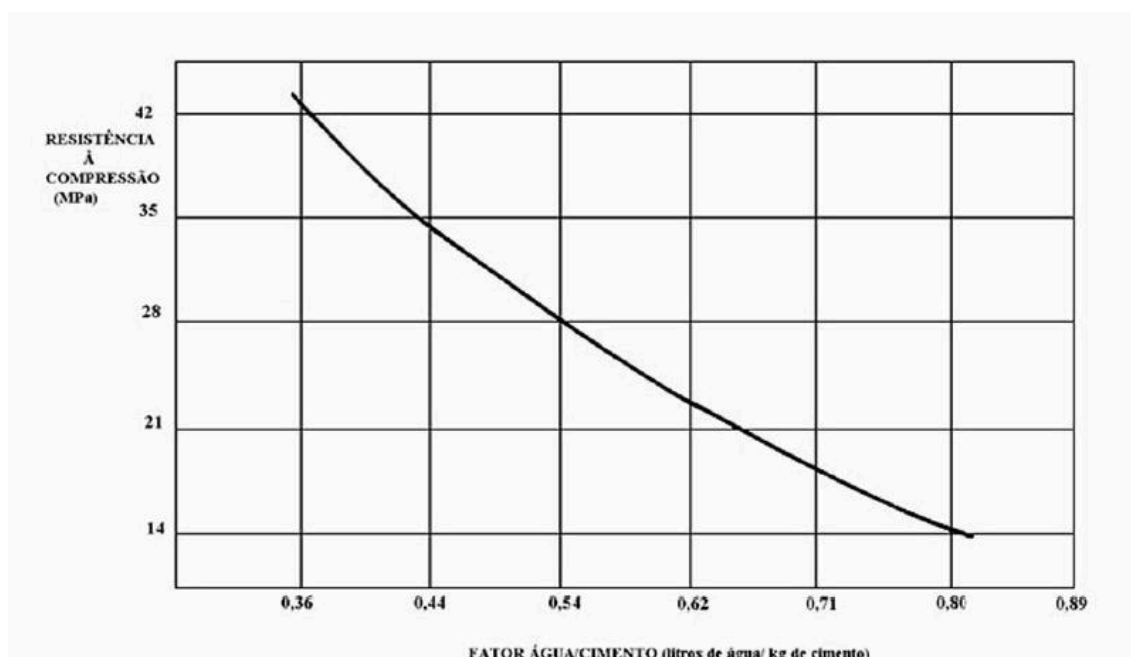
aditivo, que consiste numa substância química incorporada à massa em pequenos teores, cujo objetivo é melhorar as propriedades do concreto fresco e/ou endurecido (SOUZA,2007).

Na composição da microestrutura do concreto, a pasta de cimento envolve os grãos de areia e agregados graúdos e é constituída por diferentes tipos de compostos hidratados do cimento. Os silicatos hidratados de cálcio (C-S-H) que podem aparecer como estruturas fibrosas (estrutura amorfa), o hidróxido de cálcio Ca(OH)_2 (portlandita) que cristaliza em grandes placas hexagonais superpostas e a tringita, estes são os compostos mais importantes.

3.3 Relação água/cimento

O fator água/cimento (a/c) é uma relação entre o peso da água e o peso do cimento, adotada para evitar excesso de água no cimento (PROPRIEDADES DOS MATERIAIS CONSTITUINTES DO CONCRETO, 2015). A água da mistura do concreto é, possivelmente, o seu componente menos dispendioso, mas também é, seguramente, um dos mais importantes. E a quantidade de água utilizada (fator água/cimento) que determina a resistência final do concreto (SOUZA E RIPPER, 1998). No gráfico mostrado na Figura 1, mostra a resistência à compressão do concreto, expressa em MPa, com o aumento do fator água-cimento.

Figura 1 - Resistência da compressão com relação ao fator água/cimento.



Fonte: Souza e Ripper (1998).

Silva Filho (1994) diz que, quando o concreto está no estado denominado fresco, a água opera como meio para o acontecimento de hidratação que forma a estrutura resistente do material. Porém, quando o concreto passa para o estado de endurecimento, a água pode atuar como meio de transporte para as substâncias insalubres, possibilitando a deterioração do mesmo. Logo é importante que se aplique a dosagem correta, para que o concreto seja trabalhado facilmente e o mínimo de água para que haja somente a hidratação e formação de microestruturas no concreto.

3.4 Hidratação

A cura do concreto é a técnica que visa à hidratação do concreto com o objetivo de diminuir os efeitos da evaporação prematura da água na estrutura concretada. E, como consequência, o surgimento de fissuras e trincas.

Podemos designar por cura o conjunto de operações ou procedimentos adotados para proteger a superfície dos elementos estruturais (contra temperaturas muito altas ou muito baixas, impactos, desgastes prematuros, dessecação prematura) e, principalmente, evitar que a água usada no amassamento e destinada à hidratação do cimento evapore precocemente ao ambiente pelas regiões superficiais do concreto (Figueiredo, 2008).

No desenvolvimento do concreto a água atua como fator de hidratação dos elementos químicos que compõem o cimento. Essa relação, porém, precisa estar totalmente equilibrada, pois no momento em que há o excesso do mesmo pode causar danos ao concreto endurecido.

3.5 Durabilidade

Neville (2001) caracteriza a durabilidade com uma dada estrutura de concreto que terá desempenho contínuo satisfatório ao qual foi projetada, isto é, que manterá sua resistência e condições normais de serviço durante a vida útil especificada ou esperada.

A quantidade de água usada no concreto e a sua relação com a quantidade de ligante dará ao concreto características como densidade, compacidade, porosidade, permeabilidade, capilaridade e fissuração, além de sua resistência mecânica, que, em resumo, são os indicadores de qualidade do material, podendo classificar uma estrutura como durável ou não (SOUZA; RIPPER, 1998).

3.6 Parâmetros físico-químicos da água de amassamento

A água usada no amassamento deve estar dentro das normas estabelecidas na NBR 15900:2009 mostrado na Quadro 1.

Quadro 1 - Requisitos para inspeção preliminar de água destinada ao amassamento de concreto.

Parâmetro	Requisito
Óleos e gorduras	Não mais do que traços visíveis
Detergentes	Qualquer espuma deve desaparecer em 2 min
Cor	A cor deve ser comparada qualitativamente com água potável devendo ser amarelo claro a incolor
Material sólido	Máximo de 50 000 mg/L
Odor	Água de fontes não devem apresentar cheiro, exceto um leve odor de cimento e, onde houver escória, um leve odor de sulfeto de hidrogênio após a adição de ácido
Ácido	$\text{pH} \geq 5$
Matéria orgânica	A cor da água deve ser mais clara ou igual à da solução-padrão, após a adição de NaOH

Fonte: ABNT NBR 15900-1(2009)

3.7 Propriedades químicas

3.7.1 Cloreto

O teor de cloreto na água, expresso como Cl^- , não deve exceder os limites estabelecidos:

Os teores máximos de cloreto em água para amassamento são indicados a seguir, conforme (ABNT NBR 15900-1, 2009).

- Concreto protendido ou graute: 500 mg/L
- Concreto armado: 1 000 mg/L
- Concreto simples (sem armadura): 4 500 mg/L

3.7.2 Sulfatos

O teor de sulfato na água, expresso como SO_4^{2-} , não deve exceder 2000 mg/L (ABNT NBR 15900-1, 2009).

3.7.3 Álcalis

O equivalente alcalino de óxido de sódio não deve exceder 1500 mg/L (ABNT NBR 15900-1, 2009).

3.8 Influência da composição físico-química na qualidade do concreto e argamassa

A NBR 15900:2009 e Passarello (2008) recomendam o uso de água da rede pública nas construções, a qual apresenta qualidade garantida e diminui o risco de impurezas. Isto porque a água sempre retém algum resíduo dos materiais com os quais entrou em contato.

Gonçalves (2015) diz que as estruturas de concreto podem desenvolver sintomas patológicos graves caso sejam empregadas águas não-potáveis ou com forte presença de cloreto, pois podem contribuir de modo significativo para o desenvolvimento da corrosão das armaduras. Neto (2014) acrescenta que as impurezas e os sais dissolvidos na água, quando em excesso, podem ser nocivos para os aglomerantes utilizados na preparação de concretos e argamassas.

A influência da água na alteração das propriedades do concreto acontece através das substâncias nela dissolvidas ou em suspensão (argila, silte). Nesses casos, se a quantidade for elevada, poderá acontecer o impedimento da cristalização dos produtos da reação do cimento com a água, com a consequente perda de coesão do produto (SOUZA e RIPPER, 1998).

3.9 Patologias nas edificações

Helene (1993) descreve a patologia como sendo o estudo dos sintomas, dos mecanismos, das causas e das origens dos defeitos das construções civis, ou seja, como o estudo das partes que compõem o diagnóstico do problema.

Dentre tantas patologias encontradas nas edificações, algumas mais comuns são encontradas facilmente e com evidência no cenário da construção civil, Gasperin (2011)

comenta que as manifestações patológicas no revestimento argamassado afetam negativamente a estética de uma edificação, inclusive, comprometendo conforto e a segurança do usuário.

A deterioração do concreto é iniciada, geralmente, por processos químicos, embora fatores físicos e mecânicos também possam estar envolvidos, em combinação ou não, com os processos químicos (GONÇALVES, 2015).

Existem algumas patologias que são encontradas facilmente na construção civil como, por exemplo, as fissuras, trincas, rachaduras, corrosão das armaduras, eflorescências e sulfatos.

3.9.1 Fissuras, trincas e rachaduras

Apesar de serem parecidos, os termos “fissura”, “trinca” e “rachadura”, possuem características diferentes no qual pode-se definir cada uma pelas suas particularidades. Para esclarecer essa questão, deve-se entender que as trincas são semelhantes às fissuras quanto ao tratamento, sendo diferenciadas pela dimensão das mesmas, devido ao fato de que as fissuras em aberturas de até 0,5 mm, já as trincas possuem aberturas que superaram 0,5 mm. Por sua vez, as rachaduras diferem das demais por possuírem abertura acentuada e profunda, com dimensão superior a 1 mm, podendo abrir fendas do outro lado da parede.

A fissuração pode ser considerada a patologia que mais ocorre, ou pelo menos a que chama mais atenção dos proprietários (SOUZA e RIPPER, 1998). De modo geral as trincas em elementos estruturais de concreto armado sempre inspiram maiores cuidados na análise das causas e nas soluções possíveis. Algumas fissuras podem ser desprezadas ou simplesmente colmatadas após um correto diagnóstico dos motivos que a geraram, outras, por sua vez, deverão receber um tratamento especial para resolver o problema corretamente (MARCELLI, 2007). Esse tipo de incidência patológica nas estruturas de concreto pode acontecer, segundo Souza e Ripper (1998), a partir da deficiência de projeto; de contração plástica; do assentamento do concreto/perda de aderência; movimentação de escoramento e/ou fôrmas; da retração; deficiência de execução; reações expansivas; corrosão de armaduras; recalque diferencial; variação de temperatura e ações aplicadas.

3.9.2 Corrosão nas armaduras

Helene (1988) associa a patologia de corrosão de armaduras às propriedades intrínsecas do concreto. Estas devem ser consideradas, pois o cobrimento do concreto tem a finalidade de proteger fisicamente a armadura e propiciar um meio alcalino elevado que evite a corrosão por

promover a proteção do aço, principalmente, da ação de íons cloreto. Esses íons podem advir, segundo Fortes (1995), tanto do meio externo como podem estar presentes no próprio concreto, a partir da água de amassamento utilizada na sua produção ou de aditivos à base de CaCl_2 (Cloreto de cálcio).

É acrescentado por Souza e Ripper (1998) que os cloreto podem ser adicionados involuntariamente ao concreto a partir da utilização de aditivos aceleradores do endurecimento, de agregados e de águas contaminadas, ou a partir dos tratamentos de limpeza realizados com ácido muriático. Por outro lado, podem também penetrar no concreto ao aproveitarem-se de sua estrutura porosa. Em qualquer caso a difusão dos íons de cloro é feita, ainda que às vezes só parcialmente, pela água que enche os poros do concreto, e o grau de propagação dependerá, basicamente, dos mecanismos de transporte.

Os íons cloreto são os agentes mais problemáticos para a corrosão nas armaduras, por serem capazes de despassivar o aço mesmo em meio alcalino e que junto à presença de água e oxigênio tornam o processo corrosivo possível (CAVALCANTI FILHO, 2010).

3.9.3 Eflorescência

A eflorescência é a formação de depósitos salinos na superfície do concreto, resultante da água de infiltrações ou intempéries. Esses sais constituintes podem ser agressivos e causar desagregação profunda, além da modificação do aspecto visual na estrutura, pois há um contraste de cor entre os sais e o substrato sobre os quais se depositam (GONÇALVES, 2015).

Borges (2008) corrobora que a eflorescência só ocorre se há um teor de sais solúveis presentes nos materiais ou componentes, associado à presença de água e a pressão hidrostática para propiciar a migração da solução para a superfície.

A carbonatação como um tipo de eflorescência é ocasionada mediante reação do gás carbônico (CO_2) com o hidróxido de cálcio, Ca(OH)_2 , proveniente do processo de hidratação do óxido de cálcio presente em todo cimento.

Um dos principais responsáveis pela degradação das estruturas de concretos é o processo de carbonatação. O gás carbônico (CO_2) é o composto químico responsável por desencadear esse fenômeno por meio da penetração nos poros do concreto, dilui-se na umidade presente na estrutura e forma o composto chamado de ácido de cálcio (H_2CO_3) (CIVILIZAÇÃO ENGENHEIRA, 2018).

Araújo (2009) destaca ainda, que uma vez a frente de carbonatação alcançando a profundidade equivalente ao cobrimento e atingindo a armadura, a película passivadora não resiste à queda de pH, deixando a armadura desprotegida e mais suscetível a corrosão.

3.9.4 Sulfato

Marcelli (2007) fala que o cimento junto a umidade e o sulfato são elementos que reunidos conseguem fazer um grande estrago nas edificações. Quando ocorre à união entre eles, há uma reação química entre o aluminato tricálcico presente no cimento e o sulfato em solução, formando a etringita (sulfoaluminato tricálcico), mediante uma grande expansão. Esse aumento de volume irá provocar uma série de trincas nas juntas de assentamento de forma análoga à hidratação retardada de cales. Silva (2005) reforça que quando a pressão de expansão atinge o limite de resistência à tração do concreto, aparecem fissuras que permitem a entrada de agentes deletérios.

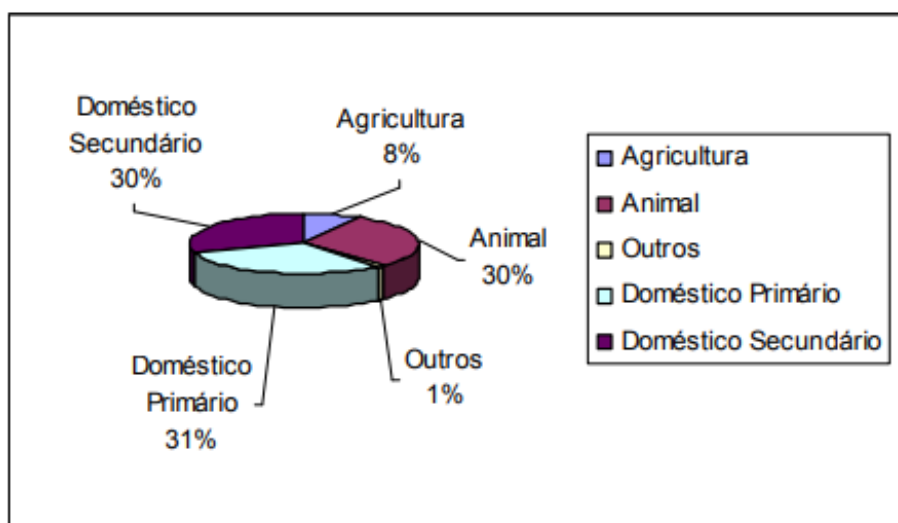
3.10 Distribuição de água no Município de Caraúbas

Segundo o IBGE (2008), na Cidade de Caraúbas é distribuído diariamente cerca de 4.512 m³ de água tratada pela Companhia de Água e Esgoto do Rio Grande do Norte a CAERN. Além da distribuição de água pela CAERN, Caraúbas também conta com os diversos poços perfurados em seu território. Um dos poços mais conhecidos no Município é o Poço de São Sebastião, na qual foi perfurado logo após a fundação da cidade.

Um levantamento realizado no município registrou a existência de 90 pontos d' água, sendo uma fonte natural e 89 poços tubulares (BELTRÃO et al., 2005).

Esses pontos d'água estão espalhados por todo o município, alguns deles estão localizados em terrenos públicos e atende a diversas famílias que residem próximo os pontos, já os que estão em propriedade privada, atende apenas ao seu proprietário, embora a água seja propriedade da união.

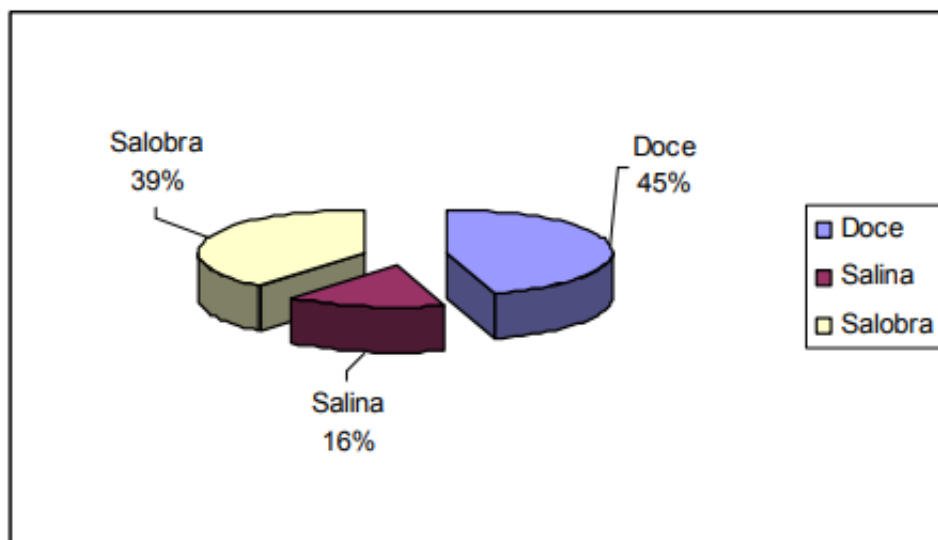
Apesar de existirem vários poços, alguns deles estão inoperados ou até mesmo abandonados, já os que estão em funcionamento são usados para diferentes finalidades. Em relação ao uso da água, 31% dos pontos cadastrados são destinados ao uso doméstico primário (água de consumo humano para beber), 30% são utilizados para o consumo doméstico secundário (água de consumo humano para uso geral), 8% para uso na agricultura, 30% para dessedentação animal e 1% para outros usos (BELTRÃO et al., 2005) (Figura 2).

Figura 2 - Uso da água.

Fonte: Beltrão et al. (2005).

Tendo como base a pesquisa, é correto afirmar que a água usada nas construções faz parte de 1% - com mostra a Figura 2 - das águas retiradas de poços e que há uma grande possibilidade dessas águas não estarem aptas para serem usadas diretamente nas obras sem antes passarem por análise quantitativa.

Beltrão et al. (2005) ainda ressalta que em uma análise realizada com 63 amostras de água dentre os poços cadastrados, foram verificados que 55% dessas águas eram de predominância salobra e salina, sendo 39% de águas salobra e 16% de água salina, como mostra da Figura 3.

Figura 3 - Qualidade das águas subterrâneas do município.

Fonte: Beltrão et al. (2005).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo serão apresentados os materiais utilizados no trabalho, incluindo os reagentes e equipamentos utilizados, bem como os métodos, com a descrição dos procedimentos utilizados na realização dos ensaios para análise físico-químicas das águas coletadas.

As análises físico-químicas foram realizadas com base na ABNT NBR 15900-1:2009 e no Standard Methods of APHA (2005). O procedimento para determinação da dureza total assim como determinação dos sólidos totais, orgânicos e inorgânicos contidos na ABNT NBR 15900-3, foi realizado por outra metodologia, seguindo o Standard Methods of APHA (2005), assim como a análise de cloreto descrito na ABNT NBR 15900-4. As mudanças foram feitas para adequação as limitações do laboratório para esse ensaio.

Além das análises descritas na ABNT NBR 15900-1, outras análises foram efetuadas, tais como, turbidez, condutividade, sódio, potássio, cálcio e magnésio. Estas análises foram executadas seguindo o Standard Methods of APHA (2005) e por equipamentos específicos disponibilizados no laboratório. As análises foram feitas em triplicata para minimizar os erros, tendo assim mais precisão nos resultados obtidos.

4.1 Materiais

4.1.1 Vidrarias e utilitários

As vidrarias e utilitários utilizados neste trabalho são itens comuns em laboratórios de química. São eles: Papel indicador de pH, isopor, pipeta, pêra de sucção, pinça, pinça metálica, agitador magnético, barra magnética, garrafas de vidro âmbar de 1L, Bureta de 100 mL, béquer, provetas de 100 mL, erlenmeyer, bureta, pipeta volumétrica de 50 mL, cadinho de porcelana de 50 mL e dessecador de vidro.

4.1.2 Equipamentos

Os equipamentos utilizados para a realização das análises e caracterizações deste trabalho estão listados na Quadro 2, seguido pela marca e modelo.

Quadro 2 - Equipamentos utilizados.

Item	Equipamentos	Marca/Modelo
1	Estufa com circulação forçada de ar	SOLAB/SL-102
2	Capela de exaustão	NALGO/3740
3	Forno Tipo Mufla	NOVUS/N1200
4	Balança analítica	SHIMADZU/AUY220
5	Turbitímetro de bancada	DEL LAB/DLT-WV
6	Refratômetro digital	ATAGO/PAL-1B
7	Condutivímetro	H-INSTRUMENTS/AZ8603
8	Fotômetro de chama	TECNOW/7000

Fonte: A autora (2019).

4.1.3 Reagentes

Os reagentes utilizados para a realização das análises e caracterizações deste trabalho estão listados na Quadro 3, seguido pela marca.

Quadro 3 - Materiais e reagentes.

Item	Materiais/Reagentes	Marca
1	Ácido clorídrico	NEON
2	Cromato de potássio (K_2CrO_4)	ACS
3	EDTA (ácido Etilenodiamino tetra-acético de sódio)	ALPHATEC
4	Cloreto de Amônio (NH_4Cl)	Dinâmica
5	Negro de eriocromo T	VETEC
6	Trietanolamina P.A	CROMOLINE
7	Nitrato de prata ($AgNO_3$ 0,1N)	PLAT-LAB
8	Hidróxido de sódio	ANIDROL
9	Calcon	QHEMIS
10	Hidróxido de Amônio (NH_4OH)	Synth

Fonte: A autora (2019).

4.2 Métodos

4.2.1 Coleta

Para o início da pesquisa, foram escolhidas oito obras ainda em construção na cidade de Caraúbas-RN. Após escolher as obras foi necessário realizar uma visita nos canteiros de obras para pedir autorização dos responsáveis para a coleta de água que seria usada nas análises. As Figuras 4 e 5 mostram os locais onde foram coletadas algumas amostras. Após a confirmação, usando garrafas de vidro âmbar de 1L, foram coletados dois litros de água em cada construção, acondicionadas em isopor com gelo e transportadas para o laboratório para as análises previstas pela ABNT NBR 15900:2009 e Standard Methods of APHA (2005). As coletas foram realizadas em outubro de 2018 nos pontos indicados na Figura 6.

Figura 4 - Local onde foram retiradas a água das amostras: (a) Cisterna de captação de água e (b) Cacimbão.



(a)

(b)

Fonte: A autora (2019).

Figura 5 - Local onde foram retiradas a água das amostras: (a) Caixa d'água aberta e (b) Reservatório gradeado.



(a)



(b)

Fonte: A autora (2019).

Figura 6 - Pontos de coleta.



Fonte: Google Earth.

Legenda da Figura 6:

- P1 = Ponto de Coleta 1
- P2 = Ponto de Coleta 2
- P3 = Ponto de Coleta 3
- P4 = Ponto de Coleta 4
- P5 = Ponto de Coleta 5
- P6 = Ponto de Coleta 6
- P7 = Ponto de Coleta 7
- P8 = Ponto de Coleta 8

4.2.2 Execução das análises qualitativas

As águas coletadas em alguns lugares, segundo os mestres de obra eram retiradas de poços rasos, cacimbão e rede de distribuição local. Após as coletas, nas primeiras horas, foram efetuadas as análises de odor, coloração, óleos, detergentes, materiais sólidos, matéria orgânica e pH com base na NBR 15900-3:2009.

Antes de iniciar as análises, toda a amostra foi agitada, para que qualquer material que estivesse no fundo pudesse se misturar. Foram despejados 80 mL de cada amostra em provetas de 100 mL, como mostra a Figura 6. Feito isso, as provetas foram tampadas devidamente e agitadas por cerca de 30 segundos. Em seguida foram realizadas a análise de odor, cor, detergentes, óleos e odor com relação a sulfeto.

Figura 7 - Análise qualitativa.



Fonte: A autora (2019).

4.2.2.1 Odor detergente, óleo e cor

Para verificar o odor, foi necessário tomar como base uma amostra de água potável, assim foi possível classificá-la com odora ou inodora.

Prosseguindo com as análises, foi observado a superfície da amostra de água e verificado se havia ou não presença de espuma.

A proveta foi colocada na bancada em repouso por 30 min. Nos primeiros minutos, foi verificado se ainda havia presença de espumas e presença de óleos e gorduras. Passados os 30 min, foi verificado a tonalidade da água tendo como base a água potável.

4.2.2.2 Medida do potencial hidrogeniônico (pH)

O pH foi determinado utilizando-se um pHmetro de bancada. Em um béquer foi adicionado 50 mL da amostra na qual o eletrodo foi submerso para medir o seu pH. O mesmo foi feito para cada amostra, individualmente.

4.2.2.3 Odor com relação a sulfeto

Foram adicionado 0,5 mL de ácido clorídrico na proveta. A amostra foi misturada e verificada se existia odor típico de sulfeto de hidrogênio.

4.2.3 Execução das análises quantitativas

4.2.3.1 Determinação da dureza total

Em um erlenmeyer foram colocados 20 mL de amostra e acrescentado 2 mL de trietanolamina 1:4. Logo após foi acrescentado uma pitada do indicador negro de eriocromo T. Em uma bureta de 50 mL foi colocado o EDTA 0,01 mol/L.

Após todo o aparato ser montado, iniciou-se a titulação. Como o indicador negro de eriocromo T serve para indicar a presença de cálcio na amostra ao entra em contato com a solução contida na bureta, a amostra mudou de cor, indicando a presença de cálcio na água. OBS: O indicador negro de eriocromo T. Se não tiver cálcio na amostra a solução fica azul. Se tiver cálcio a solução fica rosa.

Para a análise quantitativa foi verificado e anotado o volume utilizado de EDTA 0,01 mol/L quando atingiu o ponto de viragem indicado pela cor azul. Ao final pode-se obter a dureza total utilizando-se a Equação 1:

$$DT \left(\frac{mg}{L} \right) = \frac{V_{\text{gasto EDTA}} (mL) \cdot f_{\text{CaCO}_3} \cdot 1000}{V_{\text{amostra}} (mL)} \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

f_{CaCO_3} = molaridade do EDTA x MM CaCO_3

DT = Dureza total

$V_{\text{gasto EDTA}}$ = Volume gasto de EDTA

V_{amostra} = Volume da amostra

4.2.3.2 Determinação do cálcio

Inicialmente foi montado todo aparato para titulação, usando o titulante EDTA 0,01 mol/L. Em um erlenmeyer foi colocado a mesma quantidade de amostra usado para determinação de dureza total. Em seguida foram adicionados 2 mL de trietanolamina 1:4, 3 mL de NaOH 0,2 N e uma pitada do indicador calcon. Ao adicionar o indicador a amostra fica na cor rosa.

Iniciou-se a titulação, que foi finalizada no ponto de virada, quando o titulado passa da cor rosa para o azul.

Ao final, o volume de EDTA utilizado até atingir o ponto de viragem foi anotado para efeito de cálculo. Utilizando-se a Equação 2 é possível encontrar o teor de Ca:

$$Ca \left(\frac{mg}{L} \right) = \frac{V_{\text{gasto de EDTA}} \cdot f_{\text{Ca}} \cdot 1000}{V_{\text{amostra}} (mL)} \quad \text{Equação 2}$$

Onde:

f_{Ca} = molaridade do EDTA x MM Ca

4.2.3.3 Determinação do magnésio

O magnésio foi determinado a partir da diferença de volume gasto de EDTA na determinação da dureza total pelo volume gasto de EDTA na determinação do cálcio, utilizando-se a Equação 3:

$$Mg \left(\frac{mg}{L} \right) = \frac{(V_{gasto\ EDTA\ na\ DT} - V_{gasto\ EDTA\ no\ Ca}) \cdot f\ Mg \cdot 1000}{V\ amostra} \quad \text{Equação 3}$$

Onde:

f Mg = molaridade do EDTA x MM Mg

4.2.3.4 Determinação dos sólidos totais, orgânicos e inorgânicos

Para início das análises todos os cadinhos foram numerados para que não houvesse erros futuros, logo após foi feito todo o procedimento de limpeza dos cadinhos.

Esse procedimento consiste em lavar bem os cadinhos, aquecê-los em uma mufla à temperatura de 600°C por 2 horas. Passado esse tempo, foram resfriados na própria mufla até 100°C e transferidos para o dessecador contendo sílica gel para que sejam resfriados até temperatura ambiente sem contato com o ar. Já com os cadinhos limpos, foram pesados em uma balança analítica. Todos os pesos foram anotados e chamados de Mc (massa do cadinho) para efeito de cálculo. Com auxílio de uma pipeta graduada, foram transferidos 25 mL de água a ser analisada para os cadinhos sem nenhum contato manual com o mesmo.

Utilizando uma pinça, os cadinhos foram transferidos para a estufa a uma temperatura de 105°C até que houvesse completamente a evaporação do líquido (aproximadamente 12 horas). Em seguida, foi feita a transferência dos cadinhos com o uso de uma pinça para o dessecador para resfriá-los até temperatura ambiente sem contato com o ar. Com os cadinhos já frios, foram pesados novamente. Os novos pesos adquiridos pelos cadinhos foram anotados e chamados de Mi (massa do cadinho após evaporação da água a 105°C) para efeito de cálculo.

Em seguida os cadinhos foram transferidos para a mufla e aquecidos a 600°C por 2 horas. Durante este procedimento nota-se a saída de matéria orgânica que evapora na forma de fumaça negra e espessa. Após serem retirados da mufla e resfriados, seguindo os mesmos cuidados tomados durante o acondicionamento, os cadinhos foram novamente pesados e a massa obtida foi chamada de Mf (massa final do cadinho). A Figura 7 mostra os cadinhos após passar por todo o procedimento.

Figura 8 - Cadinhos após os procedimentos com a matéria inorgânica das amostras.



Fonte: A autora (2019).

O cálculo dos sólidos totais em ppm foram efetuados usando as massas em miligramas obtidas, utilizando a Equação 4:

$$ST = (Mi - Mc) . 40 \quad \text{Equação 4}$$

O cálculo dos sólidos totais orgânicos em ppm foram efetuados usando as massas em miligramas obtidas, utilizando a Equação 5:

$$STO = (Mf - Mi) . 40 \quad \text{Equação 5}$$

O cálculo dos sólidos totais inorgânicos em ppm foram efetuados usando as massas em miligramas obtidas, utilizando a Equação 6:

$$STI = (Mf - Mc) . 40 \quad \text{Equação 6}$$

Onde:

Mc = massa do cadinho

Mi = massa do cadinho após evaporação da água a 105°C

Mf = massa final do cadinho

ST = sólidos totais

STO = sólidos totais orgânicos

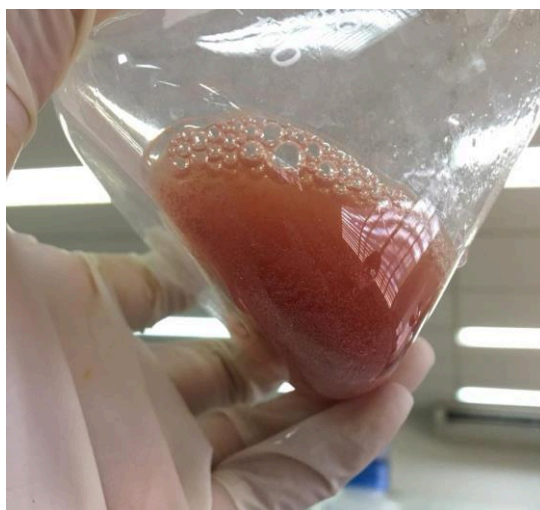
STI = sólidos totais inorgânicos

4.2.3.5 Determinação de cloreto – Método de Mohr

A princípio, foi montado todo aparato para titulação, usando o titulante nitrato de prata (AgNO_3 0,1N). Em um erlenmeyer foram colocados 100 mL de amostra e acrescentado 5 gotas do indicador cromato de potássio. Quando adicionado o indicador, a amostra logo mudou de cor ficando amarelo claro.

A titulação foi iniciada. Ao ponto final da titulação foi detectado o aparecimento do precipitado de cromato de prata (Ag_2CrO_4) avermelhado (cor de telha), mostrado na Figura 8. Após ter atingido o ponto final da titulação foi anotado o volume gasto de nitrato de prata (V_g) para efeito de cálculo. Utiliza-se a Equação 7 e 8 para se obter o resultado:

Figura 9 - Precipitado de cromato de prata (Ag_2CrO_4) avermelhado.



Fonte: A autora (2019).

$$\text{Cl}^- (\text{ppm}) = \frac{(V_g - V_b) \cdot f \text{Cl}^- \cdot 1000}{V_a}$$

Equação 7

Onde:

$f \text{Cl}^-$ = Normalidade AgNO_3 x Eq Cl^-

V_g = volume gasto de AgNO_3 na titulação da amostra

V_b = volume do branco

$$Eq\ Cl^- = \frac{MM}{K} \quad \text{Equação 8}$$

Onde:

$Eq\ Cl^-$ = equivalente-grama do cloreto

MM = massa molecular do cloreto

K = módulo da valência

O volume do branco é o volume gasto de nitrato de prata na determinação de cloreto na água destilada utilizando o mesmo procedimento descrito nessa seção para uma amostra de concentração desconhecida.

4.2.3.6 Determinação de potássio e sódio

Usado o fotômetro - mostrado na Figura 9 - foi possível determinar tanto a quantidade de potássio quanto de sódio existentes das amostras.

A início o equipamento foi ligado e calibrado usando Solução padrão de Na e K (concentração da solução). Uma vez calibrado iniciou-se a determinação do Na e K. Uma quantidade significativa de amostra foi colocada em um béquer, levada ao equipamento e verificada a quantidade de cada elemento. As análises foram feitas individualmente para cada amostra.

Figura 10 - Fotômetro fazendo a quantificação do potássio.



Fonte: A autora (2019).

4.2.3.7 Turbidez

Para determinar a turbidez da água foi necessário utilizar o turbidímetro. Após calibrar o equipamento, uma pequena quantidade de amostra foi colocada no porta amostra e levado ao equipamento para ser quantificada a turbidez. O mesmo procedimento foi feito para as demais amostras.

4.2.3.8 Condutividade

Foi possível verificar a condutividade usando o condutivímetro de bancada. Em um béquer foi adicionado 50 mL de amostra, onde o eletrodo foi submerso para medir a sua condutividade. O mesmo foi feito para cada amostra, individualmente.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo serão apresentados os resultados obtidos no presente trabalho, bem como as discussões que orientam os mesmos. Inicialmente serão apresentados e discutidos os resultados das análises qualitativas e, em seguida, os resultados quantitativos.

5.1 Análise preliminar das amostras de água

Para uma melhor compreensão dos resultados, a Quadro 4 apresenta a descrição de cada ponto de coleta, informando a origem da água utilizada na construção civil na cidade de Caraúbas e a sua forma de armazenamento antes do uso, fatores esses que podem influenciar diretamente nos resultados de cada ensaio.

Quadro 4 - Informações referente a origem da água e forma de armazenamento.

Ponto de coleta	Origem da água	Forma de armazenamento
1	Poço	Caixa d'água de Polietileno
2	CAERN	Cisterna de alvenaria
3	CAERN	Cisterna de alvenaria
4	Poço ou açude	Caixa d'água de Polietileno
5	CAERN	Cisterna de alvenaria
6	Poço	Retirado direto do cacimbão
7	Poço ou açude	Caixa d'água de Polietileno
8	CAERN	Cisterna de alvenaria

Fonte: A autora (2019).

As análises qualitativas realizadas nas amostras foram obtidas através da visão e do olfato e mostram as primeiras características perceptíveis das águas coletadas (Quadro 5).

Quadro 5 - Análises preliminares das amostras de água coletadas.

Amostras	Odor	Detergente	Óleo	Cor	Odor em relação a sulfeto
1	SEM	SEM	SEM	SEM	SEM
2	SEM	SEM	SEM	SEM	SEM
3	SEM	SEM	SEM	SEM	SEM
4	SEM	SEM	SEM	SEM	SEM
5	COM	SEM	SEM	SEM	SEM
6	SEM	COM	SEM	SEM	COM
7	COM	SEM	SEM	SEM	SEM
8	SEM	SEM	SEM	SEM	SEM

Fonte: A autora (2019).

Os resultados obtidos preliminarmente são satisfatórios. Grande parte dos pontos de coletas possui água sem odor, detergentes, óleos, coloração e odor com relação a sulfato, com exceção dos pontos 5, 6 e 7.

Analisando as amostras 5 e 7, foi possível notar uma pequena diferença no odor quando comparado a água destilada. A amostra 5 foi retirada da cisterna de uma residência e apresentou um odor de cloro, que pode ter sido adicionado para o tratamento dessa água. O odor apresentado na amostra 7 pode estar relacionado às condições ao qual o poço onde é feito a retirada da água se encontra, já que a água estava armazenada devidamente em um reservatório fechado de polietileno. É importante destacar que não foi recebida informação relacionada a localidade do poço, o que não permite identificar a real causa do odor apresentado.

Já na amostra 6 foi detectada a presença de detergentes (Figura 10) e odor com relação a sulfeto. A água analisada nesse ponto é proveniente de um cacimbão que está localizado em um terreno em uma das ruas do município, onde passa grande quantidade de esgoto doméstico que pode estar infiltrando no solo e contaminando o lençol freático.

Figura 11 - Amostra 6 com presença de detergente.



Fonte: A autora (2019).

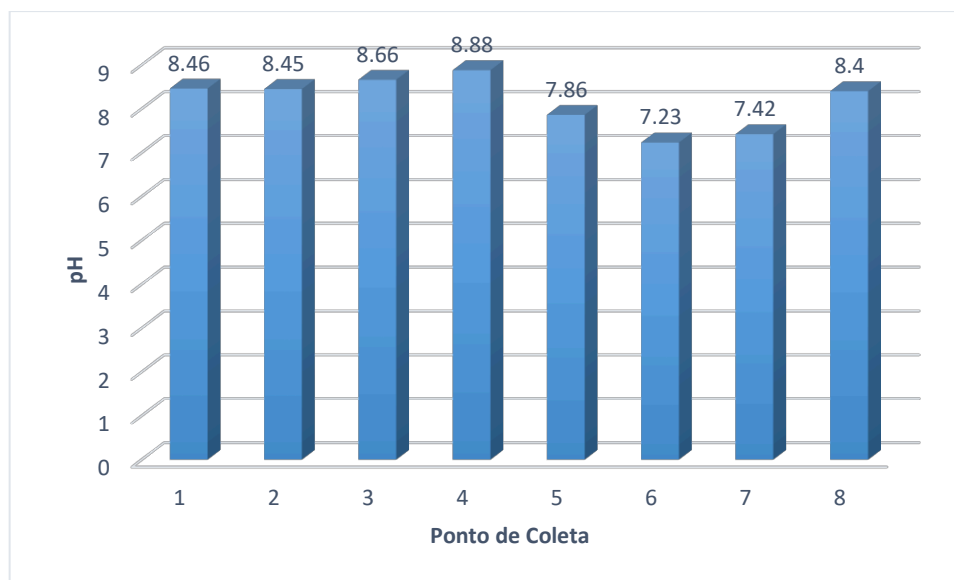
Comparando os resultados obtidos com ABNT NBR 15900-1 (2009), tem-se que os resultados das amostras 1, 2, 3, 4 e 8 estão em conformidade com a norma. Já as demais amostras (5, 6 e 7) possuem pendências, pois, a NBR 15900-1 diz que água deve ser inodora e sem odor de sulfeto de hidrogênio quando adicionado ácido clorídrico, e ainda acrescenta que qualquer espuma deve desaparecer em 2 min.

Tanto Borja (2017) quanto Lima (2014) tiveram resultados semelhantes em seus trabalhos quando analisaram os parâmetros qualitativos de suas amostras.

5.2 Análises quantitativas

5.2.1 Potencial Hidrogeniônico

Os resultados obtidos pela análise de Potencial Hidrogeniônico estão descritos na Figura 11.

Figura 12 – Comparativo do pH.

Fonte: A autora (2019).

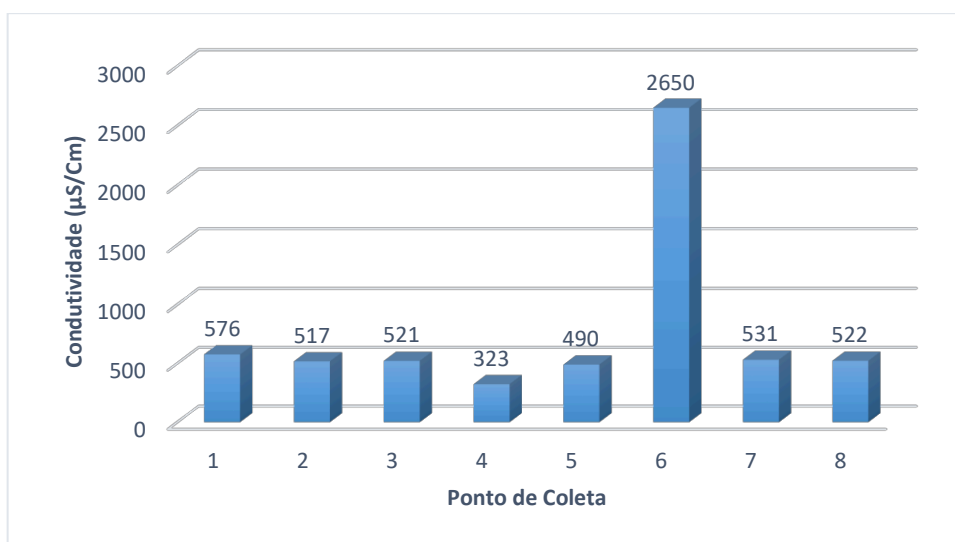
Os resultados obtidos através das análises (Apêndice, Tabela 1) mostram que o ponto de coleta 6 apresenta um pH próximo da neutralidade com valor de 7,23. O fato possivelmente está relacionado a quantidade de sais solubilizados nessa água. Ao analisar os teores de cloreto (Figura 13), sólidos totais inorgânicos (Figura 16) e dureza total (Figura 17), é possível constatar essa afirmação. A presença de ânions e cátions de ácidos e bases fracas e/ou ácidos e bases fortes, podem gerar a neutralidade do meio. Porém, todos os pontos estão dentro da norma.

Segundo o Conselho Nacional do Meio Ambiente (BRASIL, 2005) na classificação de águas doces, diz que as águas para uso doméstico precisam ter um pH de 6,0 a 9,0. Logo, os pontos de coleta 2, 3, 5 e 8 devem apresentar valores compreendidos nessa faixa por serem águas fornecidas pela CAERN e serem necessariamente potáveis. A ABAS (2005) lista os parâmetros de qualidade para as águas dos poços e, dentre eles, está o pH de 6,0 a 9,5, logo os pontos 1, 4, 6 e 7 estão de acordo com essa norma. De forma geral, todas as amostras contêm um resultado aceitável, pois estão dentro da ABNT NBR 15900-1:2009 que descreve o pH sendo ≥ 5 . Comparando estes resultados com alguns trabalhos encontrados na literatura observa-se que Lima (2014) obteve o valor de 7,51 em uma de suas amostras e Borja (2017) em seus resultados obteve um pH de 3,9, indicando uma água ácida e fora das normas estabelecidas para este último.

5.2.2 Condutividade

Os resultados obtidos (Apêndice, Tabela 2) pelas amostras representados na Figura 12, representa a condutividade elétrica nas amostras de cada ponto de coleta.

Figura 13 – Comparativo da condutividade térmica dos pontos de coleta.



Fonte: A autora (2019).

A condutividade no ponto de coleta 6 mostrada na Figura 12 tem uma diferença significativa quando comparada aos demais pontos. O valor de 2650 $\mu\text{S/Cm}$ pode se dar pelo alto teor de íons presentes na água causando o aumento da condutividade nessa amostra. Quando relaciona a condutividade com o pH e o teor de íons obtido pelas amostras, tem-se que quanto maior a quantidade de sais presentes nas águas, maior é a condutividade, e menor é o seu pH. Logo os resultados encontrados estão ligados um ao outro.

Com exceção do ponto de coleta 6, os demais pontos apresentaram uma baixa condutividade, que são reflexo dos resultados encontrados nos demais tópicos das análises quantitativas, a serem discutidos posteriormente, e estão coerentes quanto as águas de distribuição local.

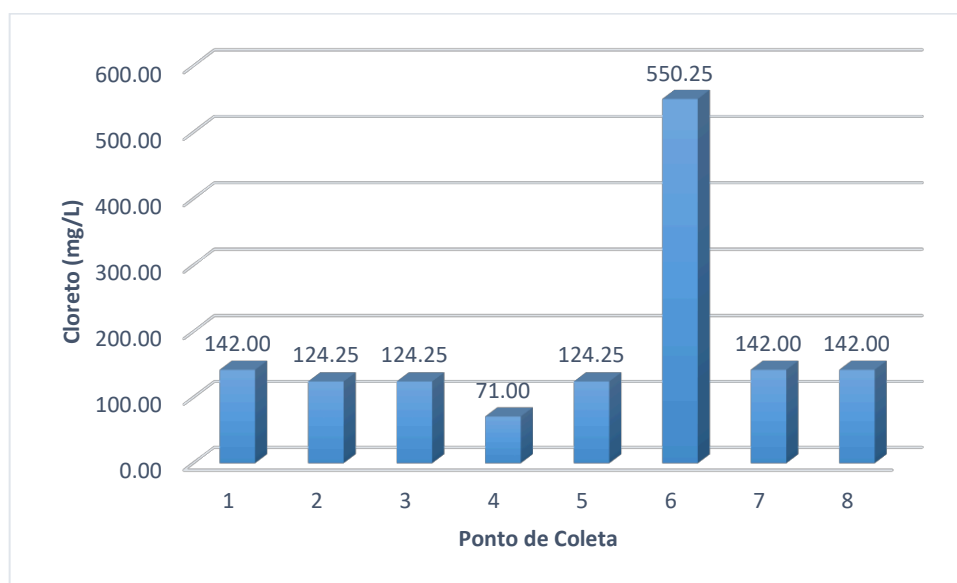
5.2.3 Cloreto

Os resultados (Apêndice, Tabela 3) encontrados estão demonstrados na Figura 13 e apresenta uma grande diferença em um dos pontos de coleta. Percebe-se que a quantidade de cloreto (Cl^-) do ponto 6 se destaca em relação aos demais. A presença de sais nessa amostra

eleva a quantidade de cloreto a 550,25 mg/L, que apesar de estar dentro dos padrões estabelecidos pela ABN NBR 15900:2009, é um valor muito superior aos resultados obtidos para as demais amostras.

O teor de Cl^- no ponto 6 pode ter relação com o resultado dos sólidos totais inorgânicos (Figura 13). Isso indica que existe uma quantidade maior de sais dissolvidos nesse ponto do que nos demais e que em sua grande maioria, com forte influência de íons cloreto.

Figura 14 – Comparativo do teor de cloreto nas amostras coletadas.



Fonte: A autora (2019).

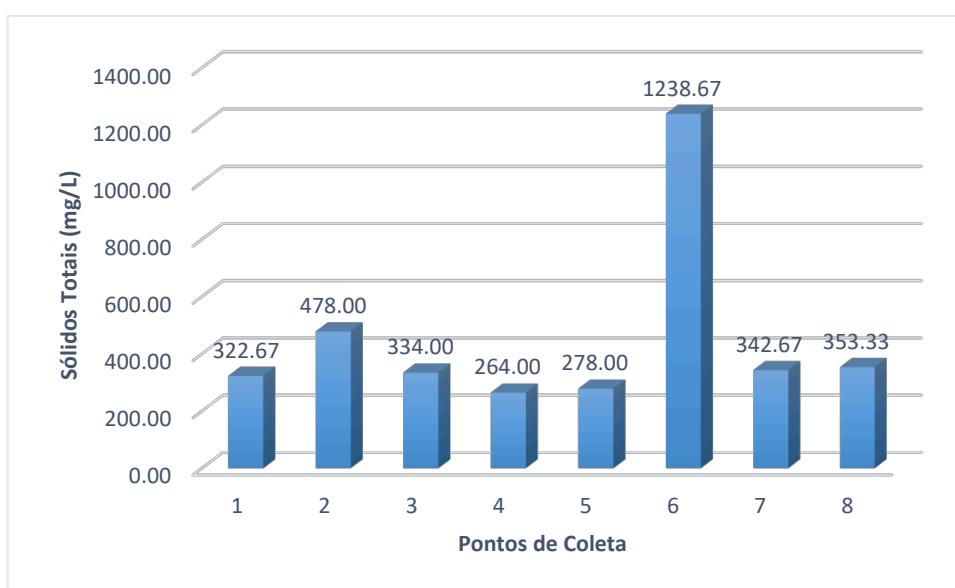
Ao comparar todos os resultados com a ABNT NBR 15900-6:2009 contida no tópico 3.7.1, tem-se que os resultados estão em conformidade com a norma. Todas as amostras podem ser usadas para a confecção de concreto armado e concreto simples (sem armadura). Para o preparo do concreto protendido - descrito ainda na norma - pode ser realizado com as amostras, exceto da amostra 6. A NBR 15900-6 descreve que as águas que contenham uma quantidade de cloreto maior que 500,00 mg/L, não podem ser usados para esse tipo específico de concreto.

Os estudos feitos por Borja (2017), também estão em conformidade com a norma, onde se obteve uma quantidade de 14,0 mg/L de cloreto, menor do que o encontrado nas análises acima. Segundo Lapa (2008), os íons cloreto são uma das principais causas de corrosão nas armaduras dos concretos, porém a influência quanto à corrosão dessas armaduras se dá pelo alto teor de cloreto encontrado na água de amassamento e nos agregados que compõe o concreto.

5.2.4 Sólidos Totais

Os valores obtidos após as análises de sólidos totais, sólidos totais orgânicos e inorgânicos (Apêndice, Tabela 4) estão mostrados nas Figuras 14, 15 e 16. Os sólidos totais (ST) apresentados na Figura 14 representa a quantidade de material orgânico e inorgânico presente nas amostras analisadas, onde se tem destaque no ponto de coleta 6 que possui mais do que o dobro de material sólido comparado as demais amostras.

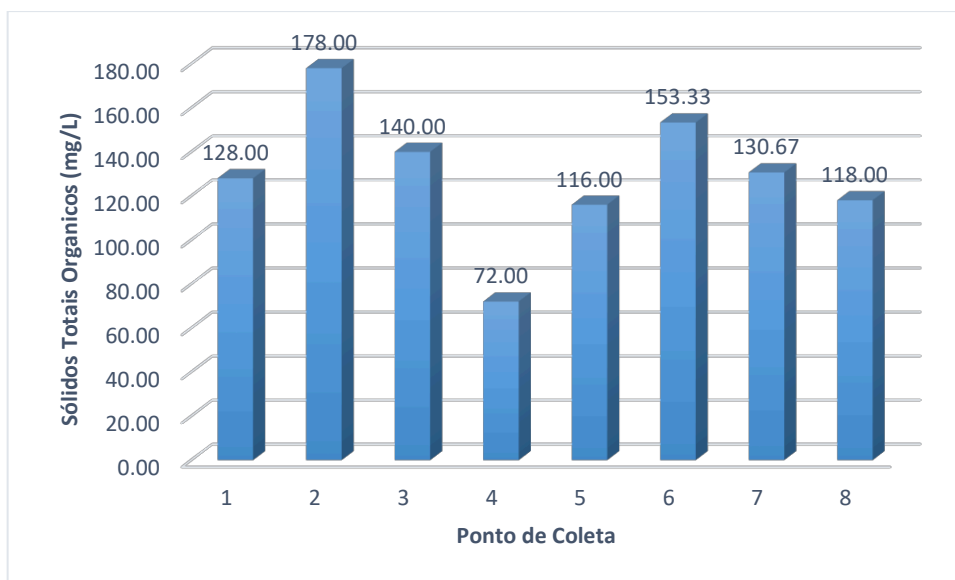
Figura 15 - Comparativo dos sólidos totais.



Fonte: A autora (2019).

A quantidade de sólidos totais encontrada na amostra 6 pode estar relacionada com a grande quantidade de esgoto que passa próximo ao cacimbão, infiltrando o solo e poluindo o lençol freático. Esse fator faz com que haja um grande teor de matéria orgânica e inorgânica influenciando diretamente o teor de sólidos totais, dureza total, cloreto, condutividade, sódio entre outros. Quando comparado ao teor de ST das águas provenientes de poços estabelecido pelo ABAS (2005), a amostra 6 excede a 1000,00 mg/L no qual é o valor máximo para essa análise.

Apesar de se ter obtido um valor consideravelmente alto quando comparado os demais pontos de coleta como mostra a Figura 14, o ponto 6 ainda está de acordo com o valor a qual a NBR 15900-3:2006 estabelece para materiais sólidos. O resultado de 1238,67 (mg/L) é menor do que 5000,00 (mg/L) e se encontra dentro da norma. Borja (2017) obteve em seus resultados de ST o valor de 416,00 mg/L, resultado bem semelhante aos encontrados nesse trabalho.

Figura 16 – Comparativo dos sólidos totais orgânicos.

Fonte: A autora (2019).

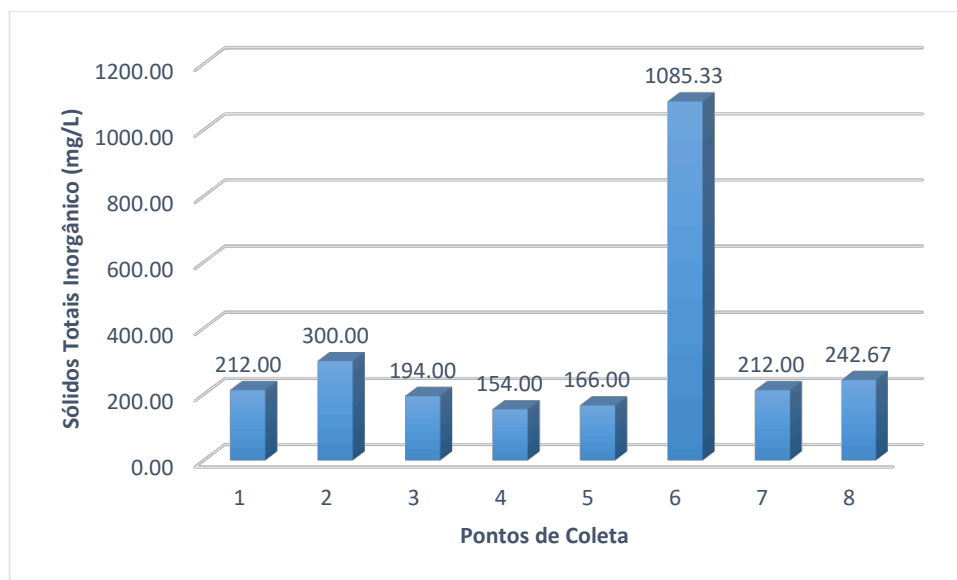
Ao comparar os pontos de coleta analisados na Figura 15, tem-se que os pontos 2 e 6 são os que possuem maior quantidade de matéria orgânica, os pontos 1,3,5,7 e 8 estão numa faixa entre 116,00 mg/L a 140,00 mg/L.

Os STO não são descritos em quantidade pela NBR 15900-1:2009, apenas em observação quanto a coloração da amostra quando é adicionada uma solução de NaOH.

O material orgânico presente nas águas são partículas flutuantes não solúveis que quando em grande quantidade altera a sua coloração e interfere na turbidez. Assim, com base nos resultados obtidos pela coloração e turbidez das amostras, pode-se afirmar que a quantidade de matéria orgânica é de baixo teor.

A concentração da matéria orgânica incorporada ao concreto pode influenciar na hidratação do cimento, acarretando em maior consumo de água, facilitando a entrada de agentes agressivos, além de comprometer a resistência mecânica do concreto (REVISTA MATÉRIA, 2016). Ainda ressalta que a matéria orgânica aumenta o tempo de início de pega e retarda a formação dos compostos hidratados.

Na representação em gráfico dos STI mostrado na Figura 16, é notório que o ponto 6 representa um alto teor de matéria inorgânica comparado aos demais pontos.

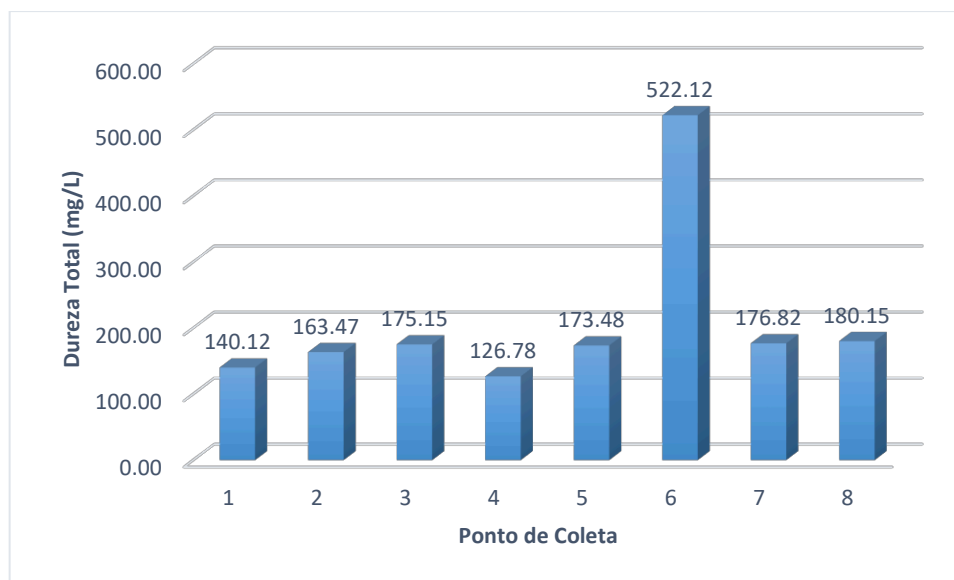
Figura 17 - Comparativo dos sólidos totais inorgânicos.

Fonte: A autora (2019).

O resultado representado na Figura 16 do ponto de coleta 6, representa mais de 87% dos ST obtidos na Figura 14. A NBR 15900-1 não apresenta nenhum tipo de análise ou até mesmo contraindicação sobre o uso de águas que contenham matéria inorgânica. No entanto, a presença de sólidos inorgânicos em uma amostra é indicativo da presença de sais dissolvidos e estes, por sua vez, tem grande influência nas patologias presentes na construção civil.

5.2.5 Dureza total

Os resultados obtidos de dureza total (Apêndice, Tabela 5) estão representados na Figura 17.

Figura 18 - Comparativo da dureza total entre os pontos de coleta.

Fonte: A autora (2019).

O ponto de coleta 6 se destaca na Figura 17, pois possui um valor de dureza total mais elevado quando comparado aos demais. A dureza indica a concentração de cátions em solução na água. Os cátions mais frequentemente associados à dureza são os de cálcio e magnésio (Ca^{+2} , Mg^{+2}) (FUNASA, 2014). Como a dureza total está ligada ao teor de íons cálcio e magnésio contidos na água, logo, quanto maior for o teor desses sais dissolvidos nessas águas, maior será o teor da dureza total.

A dureza total não é um parâmetro que possui limites máximos estabelecidos pela ABNT NBR 15900:2009, no entanto, tem relação direta com o teor de sais presentes na água. Uma água muito dura, provavelmente apresentará uma alta condutividade e salinidade. Fator esse que poderá causar patologias a uma determinada estrutura. Quando comparado o resultado obtido no ponto 6 com as especificações do ABAS (2005), tem-se que o teor da dureza total desse ponto excede ao previsto na norma para as águas providas de poços que é 500 mg/L e se classifica como água muito dura, de acordo com o Quadro 6.

Quadro 6 - Classificação das águas quanto ao grau de dureza.

mg/L em termos de CaCO_3	Classificação
0 - 75	Leves
75 - 100	Moderadamente duras
150 – 300	Duras
300 para cima	Muito duras

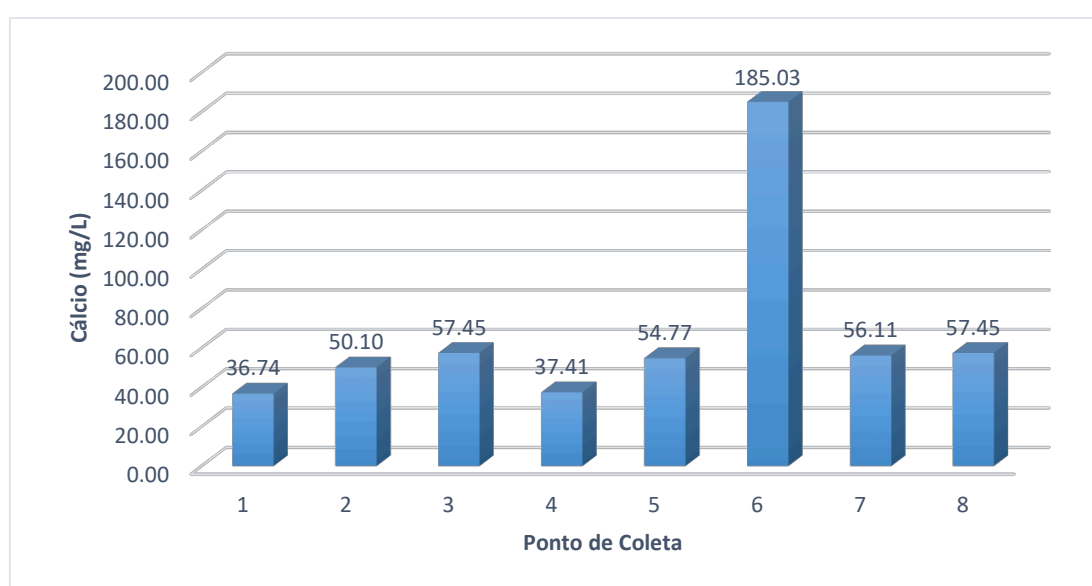
Fonte: FUNASA, 2014.

Os pontos 1, 2, 3, 4, 5, 7 e 8 variam entre 100,00 mg/L a 200,00 mg/L e são classificadas como águas duras segundo Funasa (2014).

5.2.6 Cálcio e Magnésio

Os resultados obtidos do teor de cálcio (Apêndice, Tabela 6) estão expressos Figura 18 e o teor de magnésio (Apêndice, Tabela 7) na Figura 19.

Figura 19 – Comparativo entre as amostras de Cálcio.



Fonte: A autora (2019).

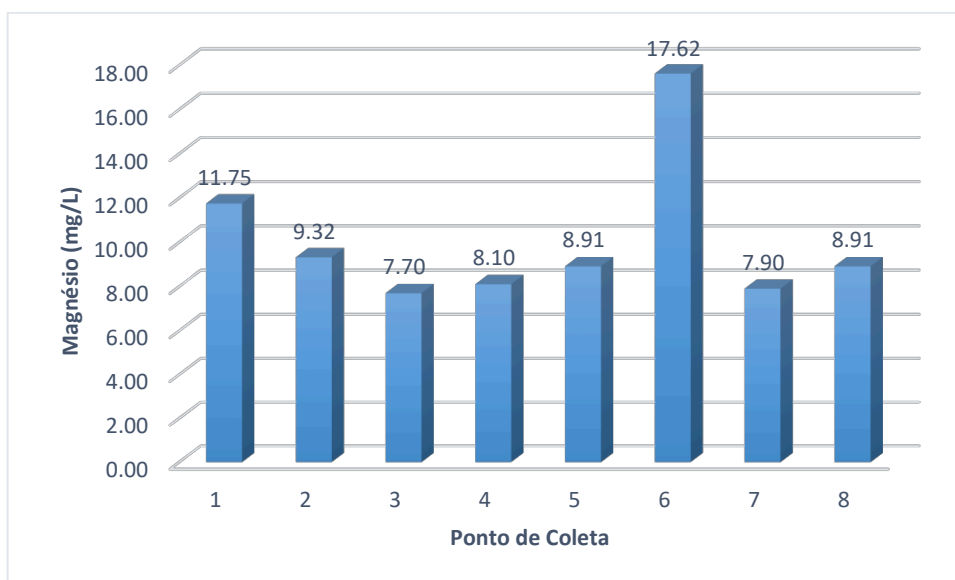
A ABNT NBR 15900:2009 não especifica a quantidade de cálcio e magnésio que as águas usadas para o amassamento de concreto podem conter. Como eles estão ligados diretamente com a dureza total, é de extrema importância que seu teor seja baixo, para que se obtenha uma água mais leve.

Brasil (2007) diz que a concentração de cálcio não pode exceder a 100 mg/l como também a concentração de magnésio não pode ser superior a 50 mg/l para águas de abastecimento público. Considerando que toda água potável corresponde aos parâmetros citados pela ABNT NBR 15900:2009, pode-se fazer uso dos parâmetros de potabilidade do Brasil (2007) para se obter respostas quanto ao teor de cálcio e magnésio.

Quanto ao teor de cálcio encontrado nas amostras, os pontos de coleta apresentaram resultados parecidos com exceção do ponto 6. O ponto de coleta 6 mostrou maior quantidade de cálcio dissolvidos e não se encontra dentro dos padrões estabelecidos de água potável. Esse

resultado pode ser reflexo da grande quantidade de cálcio do solo naquela região ou até mesmo da qualidade da água que passa pelo lençol freático.

Figura 20 – Comparativo entre as amostras de magnésio.



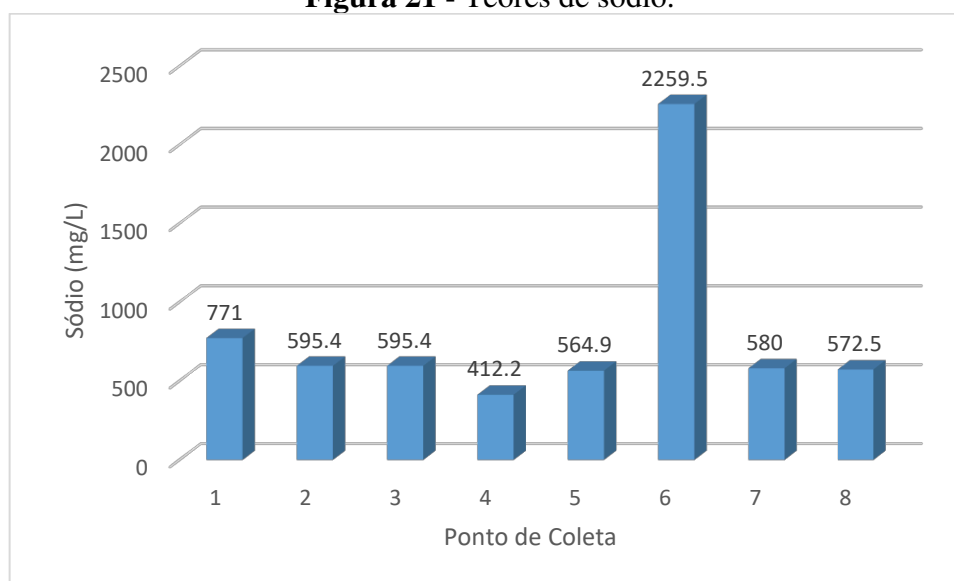
Fonte: A autora (2019).

O magnésio é um elemento cujo comportamento geoquímico é muito parecido com o do cálcio e, em linhas gerais, acompanha este elemento. Diferentemente do cálcio, contudo, forma sais mais solúveis. Nas águas subterrâneas ocorrem teores entre 1mg/L e 40 mg/L (ALENCAR, 2007).

Nas análises de magnésios, o gráfico mostra que não há grandes diferenças entre os pontos de coleta. Apesar da amostra 6 ter um teor de magnésio maior do que os demais, quando comparado a Brasil (2007), que estabelece o teor máximo para a concentração de magnésio sendo 50 mg/L. Como as amostras apresentam resultados inferiores ao valor estabelecido, são considerados de boa qualidade e consequentemente obedece aos requisitos da ABNT NBR 15900:2009.

5.2.7 Sódio e Potássio

Realizou-se as análises de sódio e potássio para todos os pontos de coleta e foram obtidos os resultados (Apêndice, Tabela 8) expressos na Figura 20 e 21.

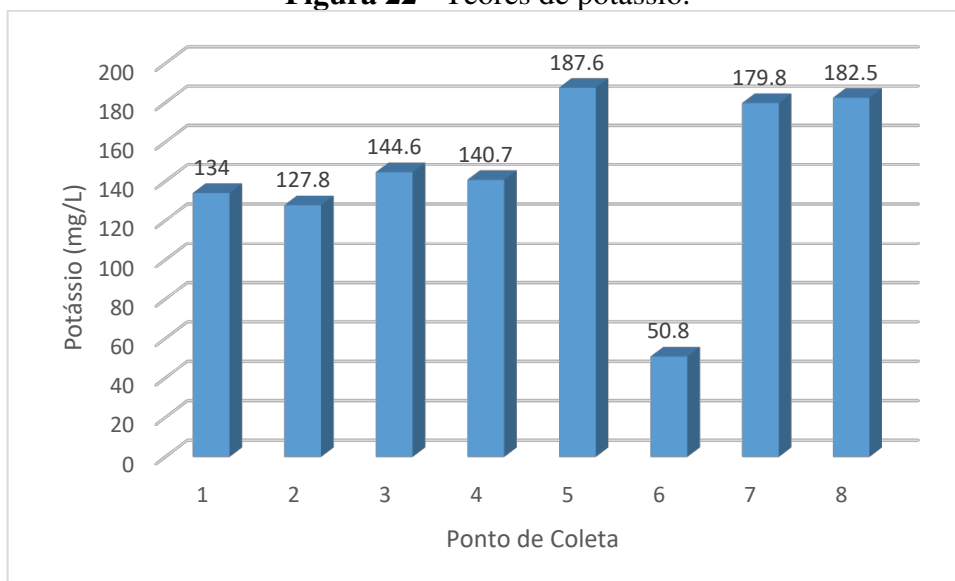
Figura 21 - Teores de sódio.

Fonte: A autora (2019).

A ABNT NBR 15900:2009 não estabelece a quantidade de sódio e potássio que a água de amassamento pode conter, no entanto é possível usar como base as exigências do Brasil (2007) quanto ao teor de sódio.

O teor de sódio para as águas de consumo humano não pode exceder a 200 mg/L, logo as águas que excederem a esse valor não são consideradas boas para o uso. Analisando os resultados obtidos, tem-se que todos os resultados são maiores que 400 mg/L contendo mais do que o dobro do teor de sódio considerado por Brasil (2007). Esses resultados podem ter relação com o solo da região que é classificado como salino, no entanto, é mais provável que as condições de armazenamento da água, bem como o ciclo de abastecimento do lenço freático influenciem de forma mais significativa nesses resultados. Segundo Santos et al. (1984), verificou-se que o solo influi decisivamente na salinidade das águas, tendo sido observada a relação “solo salino – água salgada”, “solo não salino – água doce / salobra”.

A grande quantidade de sódio contido nas águas pode causar patologias futuras no concreto. As presenças de sulfato de sódio, cálcio e magnésio ocasionam a redução da resistência do concreto devido ao aumento do volume da água, que ao se expandir, provoca fissuração do concreto, desestabilizando os cristais de CSH (GUABIROBA 2012).

Figura 22 - Teores de potássio.

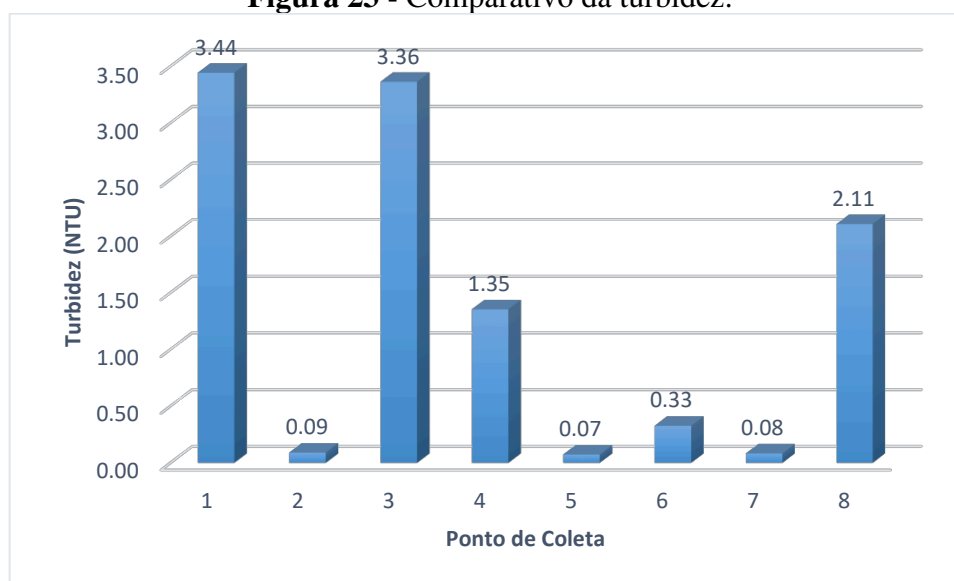
Fonte: A autora (2019).

A ABNT NBR 15900:2009 não estabelece um teor máximo para o potássio, porém como já foi relatado anteriormente a grande quantidade de sais contidos na água pode causar patologias nas estruturas de concreto com o passar do tempo.

As amostras coletadas obtiveram resultados semelhantes entre os pontos de coleta 1, 2, 3 4, 5, 7 e 8. O ponto de coleta 6, diferentemente das análises feitas anteriormente, teve o menor resultado dentre as demais amostras. O potássio assim como o sódio são encontrados com facilidade quando são realizadas análises de água, porém com um teor bem menor.

5.2.8 Turbidez

Os resultados obtidos a partir das análises de turbidez (Apêndice, Tabela 9) estão representados na Figura 22.

Figura 23 - Comparativo da turbidez.

Fonte: A autora (2019).

Todos os pontos de coleta apresentaram uma turbidez pequena variando de 0,07 NTU a 3,44 NTU. A ABAS (2005) apresenta nos parâmetros para águas de poços uma turbidez de no máximo 5 NTU, logo os resultados obtidos pelas amostras são satisfatórios quando comparados a essa norma. A ABNT NBR 15900:2009 não estabelece quantidade máxima que a água usada para amassamento de concreto deve conter de turbidez, no entanto, tem relação direta com a cor e matéria orgânica.

A turbidez é causada pela quantidade significativa de materiais flutuantes residentes na água que impede a passagem de luz na mesma, assim como pequenas bolhas e coloração escura da água. Logo, ao comparar com os resultados obtidos dos sólidos totais orgânicos – mostrados na Quadro 6 e Figura 15 – e a análise de cor, óleos e gorduras – mostrados na Quadro 5 - conclui-se que a turbidez está em conformidade com os resultados obtidos anteriormente.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A maior parte das amostras coletadas obtiveram resultados qualitativos positivos quando comparados a ABNT NBR 15900:2009, estando dentro da norma.

Com a realização das análises quantitativas, foi possível determinar o teor de sólidos totais, orgânicos e inorgânicos, dureza total, cloreto, sódio, turbidez, pH e condutividade. Os resultados foram analisados com base na ABNT NBR 15900:2009 e apresentados como aptos ou não a consumo.

- Os resultados encontrados do pH das amostras estão todos dentro da norma e são básicos.
- Nas análises de cloreto a amostra 6 apresentou uma diferença entre as demais amostras, no entanto ela se encontra dentro dos padrões estabelecidos da ABNT NBR 15900:2009.
- Nos sólidos totais, a amostra 6 se destacou apresentando um teor maior do que as demais amostras. Ele apresentou no STI uma diferença considerável comparado aos outros pontos, que consequentemente influenciou no resultado dos ST. Nos STO não houve muita diferença em seus resultados.
- A dureza total apresentou valores constantes com exceção do ponto 6, que possui um teor maior de dureza total devido à quantidade de íons cálcio e magnésio contidos nas amostras.
- Nos resultados encontrados da condutividade não houve muita diferença entre as análises, com exceto da análise do ponto de coleta 6. Esta diferença se deu pela grande quantidade de íons presentes nessa água, aumentando consideravelmente a sua condutividade.
- A concentração de sódio encontrada nas amostras excedeu ao teor de sódio máximo recomendado por Brasil (2007) para avaliação de água potável.
- Apesar das diferenças encontradas entre nas amostras, foi possível obter uma pequena quantidade de turbidez quando comparadas à quantidade máxima de turbidez aceita nas águas de poços apresentadas no ABAS (2005).

Dando ênfase ao ponto de coleta 6, foi possível analisar que apesar de estar dentro dos parâmetros previstos pela ABNT NBR 15900:2009, ele apresentou resultados bem diferentes quando comparados as demais amostras. Esses resultados se deram provavelmente pela grande

quantidade de esgoto que passa próximo ao ponto da coleta, contaminando do lençol freático presente naquela região onde o cacimbão está localizado.

Contudo, conclui-se que as águas presentes nas construções que foram analisadas estão coerentes a ABNT NBR 15900:2009. As amostras que tiveram pendências na primeira parte das análises, tiveram bons resultados quando analisados quantitativamente. Quanto às demais análises efetuadas não presentes na norma, elas influenciam indiretamente na formação do concreto, pois estão relacionadas a vários parâmetros previstos na norma. Logo, obteve-se um resultado satisfatório ao fim do trabalho, evidenciando a viabilidade do uso destas águas na produção do concreto de cimento Portland.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ÁGUAS SUBTERRÂNEAS: um recurso a ser conhecido e protegido. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2007.

ALENCAR, Renato Dantas. MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA DE POÇOS NO CALCÁRIO JANDAÍRA E RESTRIÇÕES NA AGRICULTURA IRRIGADA. 2007. 71 f. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2007

AMBROZEWICZ, P. H. L. **Materiais de construção: normas, especificações, aplicação e ensaios de laboratório.** 1. Ed. São Paulo: Pini, 2012.

ANA. Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil. Informe 2012. Ed. Especial. Brasília: ANA. 2012. Disponível online: <http://www2.ana.gov.br/Paginas/default.aspx>

ANA. Quantidade de água. Brasília: Agência Nacional de Água. 2007. Disponível em:< <http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/panorama-das-aguas/quantidade-da-agua/agua-subterranea>> Acesso em: 19/05/2019

APHA 2005. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21st edn. Total organic carbon (TOC): high temperature combustion method

ARAÚJO, F. W. C. **Estudo da repassivação da armadura em concretos carbonatados através da técnica de realcalinização química.** 2009. 217p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2009.

AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES DO CONCRETO DEVIDO À INCORPORAÇÃO DE LODO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA. Curitiba: Revista Matéria, 18 maio 2016.

BELTRÃO, B. A. et al. **PROJETO CADASTRO DE FONTES DE ABASTECIMENTO POR ÁGUA SUBTERRÂNEA.** Recife: Cprm/prodeem, 2005. 24 p.

BORGES, M. G.. **Manifestações patológicas incidentes em reservatórios de água elevados executados em concreto armado**. 2008. 111 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2008.

BORJA, R. T. de F. **Análise da viabilidade de produção de concreto com água de poço em região em escassez hídrica no curimataú oriental paraibano**. 2017. 24 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual da Paraíba, Araruna, 2017.

BRASIL. Decreto-lei n.306, de 27 de ago. de 2007. **Relativa à qualidade da água destinada ao consumo humano**, Brasília, DF, ago 2007

CALLISTER, W. D.; RETHWISCH, D. G. **Materials Science and Engineering: An Introduction**. 9. ed. p. 984, 2014.

CAVALCANTI FILHO, A. N. **Contribuição ao controle tecnológico de concretos estruturais de cimento Portland em ambientes marítimos**. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

Civilização Engenheira. **Conheça as principais patologias na construção civil**. Abril 2018. Disponível em:< <https://civilizacaoengenheira.wordpress.com/>> Acesso em: 09 de Junho de 2019

FIGUEIREDO, Enio; HOLLAND, Terence; MALHOTRA, V. M. & HELENE, Paulo. **Fifth ACI/CANMET International Conference on High-Performance Concrete Structures and Materials**. ACI SP-253. Farmington Hills, Michigan: American Concrete Institute, 2008. 413 p. ISBN 978-0-87031- 277-9

FORTES, L. R. **Corrosão na armadura do concreto armado e sua avaliação pela técnica de potencial de eletrodo: dissertação de mestrado em engenharia**, Universidade Federal do Ceará. 1995.

GASPERIN, J. **Aderência dos revestimentos de argamassa em substratos de concreto: influência da forma de aplicação e composição do chapisco**. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

GIAMMUSSO, S. E. **Manual do Concreto**. São Paulo, Ed. Pini, 1992.

GONÇALVES, E. A. B., **Estudo de Patologias e suas Causas nas Estruturas de Concreto Armado de Obras de Edificações**, Projeto de Graduação, UFRJ, Escola Politécnica, Curso de Engenharia Civil, Rio de Janeiro, 2015

GUABIROBA, Rodrigo Tavares. **Patologias em canais de drenagem em concreto Estudo de caso de BH**. 2012. 62 f. Monografia (Especialização) - Curso de PÓS-graduação em Construção Civil, Escola de Engenharia da Ufmg, Belo Horizonte, 2012.

HELENE, P. R. L. **Contribuição ao estudo da corrosão em armaduras de concreto armado**. Tese (Livre Docência) – Escola Politécnica da USP. São Paulo, 1993.

HELENE, P. R. L. **Corrosão de armaduras para concreto armado**. In: IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do estado de São Paulo. Tecnologia das Edificações. São Paulo: PINI, 1988.

IBGE. **Pesquisa nacional de saneamento básico**. 2008. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rn/caraubas/pesquisa/30/30051>> Acesso em: 25 de junho de 2019

LAPA, J. S. **PATOLOGIA, RECUPERAÇÃO E REPARO DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO**. 2008. 56 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

LIMA, A. B. P. **ANÁLISE DAS CONDIÇÕES DA ÁGUA DE AMASSAMENTO UTILIZADA NO CONCRETO PRODUZIDO EM OBRAS DA UFERSA, DE ACORDO COM AS ESPECIFICAÇÕES DA ABNT NBR 15900:2009**. 2014. 70 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2014

MARCELLI, M. **Sinistros na construção civil: causas e soluções para danos e prejuízos em obras** - São Paulo: Pini, 2007

Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS**. Brasília : Funasa, 2014.

NBR 12655. Concreto de Cimento Portland: Preparo, Controle E Recebimento- Procedimento. Rio De Janeiro: ABNT, 2006.

NBR 15900-1. Água para amassamento do concreto: Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

NBR 15900-3. Água para amassamento do concreto: Avaliação Preliminar. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

NBR 15900-6. Água para amassamento do concreto: Determinação de Cloreto Solúvel em Água. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

NETO, A. **Água como material de construção.** 2003. Disponível em: <<http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=31&Cod=266>>. Acesso em: 17/05/2019

ORIENTAÇÕES PARA A UTILIZAÇÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO ESTADO DE SÃO PAULO. São Paulo: ABAS – Associação Brasileira de Águas Subterrâneas, set. 2005.

PESSARELLO, R. G. **Estudo exploratório quanto ao consumo de água na produção de obras de edifícios: avaliação e fatores influenciadores.** 2008. 114 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea estado do Rio Grande do Norte: Diagnóstico do município de Caraúbas. Recife. Setembro de 2005. Disponível em: <
http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/bitstream/handle/doc/16944/rel_caraubas.pdf?sequence=1>
Acesso em: 26 de junho de 2019

PROPRIEDADES DOS MATERIAIS CONSTITUINTES DO CONCRETO. Goiânia: Revista Especialize On-line Ipog, v. 1, 2015.

Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. **Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.** Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 17 mar. 2005.

SALGADO, J. **Técnicas e Práticas Construtivas para Edificação.** 3.ed. São Paulo: Érica, 2014.

SANTOS, J.P.; AZEVEDO, S.G.; MISTRETTA, G. **Novos aspectos da salinização das águas subterrâneas** do cristalino do Rio Grande do Norte. IN: Comunicação Técnica 314. São Paulo: IPT, 1984

SILVA FILHO, L. C. P. **Durabilidade do concreto à ação de sulfatos:** análise do efeito de permeabilização de água e da adição de microssílica. 1994. 151 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1994.

SILVA, A. F. **Manifestações patológicas em fachadas com revestimentos argamassados: estudo de caso em edifícios em Florianópolis.** 2007. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2007.

SILVA, G. J. B. **"Estudo do Comportamento do Concreto de Cimento Portland produzido com a Adição do Resíduo de Polimento do Porcelanato.** 2005. 107 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Metalúrgica, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2005.

SILVA, I. T. S. **IDENTIFICAÇÃO DOS FATORES QUE PROVOCAM EFLORESCÊNCIA NAS CONSTRUÇÕES EM ANGICOS/RN.** 2011. 52 f. Monografia (Especialização) - Curso de Curso de Ciência e Tecnologia, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Angicos, 2011.

SOUZA, P. A. B. F. de. **Estudo do comportamento plástico, mecânico, microestrutural e térmico do concreto produzido com resíduo de porcelanato.** Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2007.

SOUZA, Vicente; RIPPER, Thomaz. **Patologia, Recuperação e Reforço de estruturas de concreto**. São Paulo:Pini,1998.

TODD, D. K., 1959. **Hidrologia de Águas Subterrâneas**. Editora Edgard Blucher Ltda.

TRAÇO DE CONCRETO: A IMPORTÂNCIA DA ÁGUA PARA A MISTURA DO MATERIAL. Mauá na rede. Disponível em: <<https://cimentomaua.com.br/blog/traco-de-concreto-importancia-da-agua-para-mistura-material/>> Acesso em: 17 maio 2019

8 APÊNDICES

Tabela 1 - Quantidade de pH presentes das amostras.

AMOSTRAS	pH
1	8,46
2	8,45
3	8,66
4	8,88
5	7,86
6	7,23
7	7,42
8	8,4

Fonte: A autora (2019).

Tabela 2 - Condutividade elétrica nas amostras.

AMOSTRAS	CONDUTIVIDADE ($\mu\text{S}/\text{Cm}$)
1	576
2	517
3	521
4	323
5	490
6	2650
7	531
8	522

Fonte: A autora (2019).

Tabela 3 - Quantidade de cloreto presente nas amostras.

	CLORETO (mg/L)
AMOSTRAS	Valor Médio
1	142,00
2	124,25
3	124,25
4	71,00
5	124,25
6	550,25
7	142,00
8	142,00

Fonte: A autora (2019).

Tabela 4 - Análises ST, STO e STI.

AMOSTRAS	ST (mg/L)	STO (mg/L)	STI (mg/L)
1	322,67± 10,07	128,00±0,00	212,00±11,31
2	478,00± 42,43	178,00±14,14	300,00±28,28
3	334,00± 8,49	140,00±11,31	194,00±19,80
4	264,00± 16,97	72,00±5,66	154,00±31,11
5	278,00± 2,83	116,00±5,66	166,00±8,49
6	1238,67± 9,24	153,33±2,31	1085,33±8,33
7	342,67±2,31	130,67±6,11	212,00±8,00
8	353,33±6,11	118,00±8,49	242,67±11,55

Fonte: A autora (2019).

Tabela 5 - Dureza total obtida nas análises**DUREZA TOTAL (mg/L)**

AMOSTRAS	Valor Médio	Desvio Padrão
1	140,12	±0,00
2	163,47	±2,89
3	175,15	±0,00
4	126,78	±2,89
5	173,48	±2,89
6	522,12	±2,89
7	176,82	±2,89
8	180,15	±0,00

Fonte: A autora (2019).

Tabela 6 - Quantidade de cálcio contido nas amostras.

CÁLCIO (mg/L)		
AMOSTRAS	Valor Médio	Desvio Padrão
1	36,74	±1,16
2	50,10	±0,00
3	57,45	±1,16
4	37,41	±1,16
5	54,77	±2,31
6	185,03	±8,10
7	56,11	±3,47
8	57,45	±1,16

Fonte: A autora (2019).

Tabela 7 - Quantidade de magnésio encontrado nas amostras.

MAGNÉSIO (mg/L)		
AMOSTRAS	Valor Médio	Desvio Padrão
1	11,75	±0,70
2	9,32	±0,70
3	7,70	±0,70
4	8,10	±0,70
5	8,91	±0,70
6	17,62	±0,86
7	7,90	±0,86
8	8,91	±0,70

Fonte: A autora (2019).

Tabela 8 - Quantidade de sódio presentes nas amostras.

AMOSTRAS	SÓDIO (mg/L)	POTÁSSIO (mg/L)
1	771	134
2	595,4	127,8
3	595,4	144,6
4	412,2	140,7
5	564,9	187,6
6	2259,5	50,8
7	580	179,8
8	572,5	182,5

Fonte: A autora (2019).

Tabela 9 - Turbidez apresentado nas amostras.

TURBIDEZ (NTU)		
AMOSTRAS	Valor Médio	Desvio Padrão
1	3,44	±0,07
2	0,09	±0,00
3	3,36	±0,14
4	1,35	±0,13
5	0,07	±0,01
6	0,33	±0,07
7	0,08	±0,01
8	2,11	±0,16

Fonte: A autora (2019).