



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA
PARAÍBA, CAMPUS CAMPINA GRANDE
GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA EM CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS

PAULA ESTEFANY PEQUENO DO NASCIMENTO ALVES

**ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA DE AMASSAMENTO UTILIZADAS EM
EMPRESAS DE PRÉ-MOLDADOS DA CIDADE DE CAMPINA GRANDE/PB**

CAMPINA GRANDE – PB

2023

PAULA ESTEFANY PEQUENO DO NASCIMENTO ALVES

**ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA DE AMASSAMENTO UTILIZADAS EM
EMPRESAS DE PRÉ-MOLDADOS DA CIDADE DE CAMPINA GRANDE/PB**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Tecnologia em Construção de Edifícios, do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia da Paraíba - Campus Campina Grande, como requisito à obtenção do título de Tecnóloga em Construção de Edifícios.

Orientadora: Profa. Me. Camila Macêdo Medeiros

CAMPINA GRANDE – PB

2023

A474a

Alves, Paula Estefany Pequeno Do Nascimento
Análise físico-química da água de amassamento utilizadas
em empresas de pré-moldados da Cidade de Campina
Grande/PB / Paula Estefany Pequeno Do Nascimento Alves.
- Campina Grande, 2023.

47f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior em
Tecnologia em Construção de Edifícios.) - Instituto
Federal da Paraíba, 2023.

Orientador: Profa. Me. Camila Macêdo Medeiros

1. Construção civil - pré-moldados 2. NBR 15900-1/2009
3. Análise físico-química - qualidade da água I. Medeiros,
Camila Macêdo II. Título.

CDU 624.07

PAULA ESTEFANY PEQUENO DO NASCIMENTO ALVES

**ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA DE AMASSAMENTO UTILIZADAS EM
EMPRESAS DE PRÉ-MOLDADOS DA CIDADE DE CAMPINA GRANDE/PB**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Tecnologia em Construção de Edifícios, do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia da Paraíba - Campus Campina Grande, como requisito à obtenção do título de Tecnóloga em Construção de Edifícios.

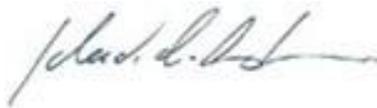
Orientadora: Profa. Me. Camila Macêdo Medeiros

APROVADO EM: 08 / 02 / 2024

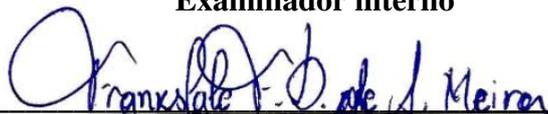
BANCA EXAMINADORA



Profa. Me. Camila Macêdo Medeiros
Instituto Federal da Paraíba Campus Campina Grande (IFPB)
Orientadora



Prof. Dr. Eduardo da Cruz Teixeira
Instituto Federal da Paraíba Campus Campina Grande (IFPB)
Examinador interno



Prof. Dr. Franklale Fabian Diniz de Andrade Meira
Instituto Federal da Paraíba Campus Campina Grande (IFPB)
Examinador interno

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por ter me concedido saúde e força para realização desta graduação, e também sabedoria para superar as dificuldades e poder terminar e escrever este trabalho nessa trajetória.

Aos meus pais, principalmente ao meu pai, José Pequeno, que ainda em vida teve a oportunidade de ver um pouco dessa caminhada, e agradecer a minha mãe, Maria da Conceição, que nunca deixou de me motivar e apoiar nesse período. E também as minhas irmãs, Pollianny Alves e Precilia Alves, que sempre estiveram presente oferecendo apoio para que eu chegasse até essa etapa da minha formação profissional.

Quero também agradecer à professora e orientadora Profa, Me. Camila Medeiros pelo seu esforço e atenção comigo. Ao professor Prof. Dr. Eduardo Teixeira, que também contribuiu para elaboração deste trabalho, grata a ambos pela gentileza e paciência nas orientações.

Agradeço ao meu namorado, Luciano Costa, pelo apoio incondicional que sempre me ofereceu. A todos os amigos que direta ou indiretamente estiveram sempre comigo, durante essa etapa da minha vida, em especial a Ana Rebeca, por esses anos de parceria e amizade, e me incentivou para que esse trabalho fosse concluído e me auxiliou nas coletas realizadas, e a Carmem Minély, Raony Jaderson e Silmara Lima, que sempre torceram pelas minhas conquistas, o meu sincero obrigada.

Agradeço ao Laboratório de Química Geral (LQG) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, campus Campina Grande pelo fornecimento da infraestrutura necessária para realização dos ensaios, e ao técnico Danúbio Oliveira e mestrando Pedro Lucas, por toda ajuda nos testes.

Ao IFPB, em geral, principalmente ao corpo docente do curso de Construção de Edifícios que fizeram parte do conhecimento adquirido e por todas as contribuições que deram para minha formação acadêmica, além dos membros do grupo de pesquisa da Fundação de Apoio ao Desenvolvimento e Ensino de Machado – FADEMA.

ALVES, P. E. P. N. **Análise físico-química da água de amassamento utilizadas em empresas de pré-moldados da cidade de Campina Grande/PB.** 47 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Construção de Edifícios), Instituto Federal da Paraíba, Campina Grande, 2023.

RESUMO

Os pré-moldados ou pré-fabricados são peças produzidas fora do seu local de aplicação, sendo transportadas e aplicadas na obra, e por se tratarem de peças produzidas industrialmente com controle tecnológico, espera-se que tenham um desempenho superior. De forma geral, a utilização da água potável para produção de concreto é segura, porém, a forma como ela é manuseada e armazenada na obra, ou no caso dessa pesquisa, na fábrica, pode interferir na qualidade da água. Diante disso, esta pesquisa teve como objetivo verificar os parâmetros físico-químicos das águas utilizadas em empresas de pré-moldados, de acordo com a ABNT NBR 15900-1 (2009), que determina a qualidade da água de amassamento para concretos e argamassas. Para realização deste trabalho foram escolhidas seis empresas de pré-moldados, localizadas no município de Campina Grande/Paraíba. As variáveis selecionadas para estabelecer uma análise completa acerca do uso da água para fabricação dos materiais de concreto foram: condutividade elétrica, salinidade, pH, cloreto, zinco, dureza total e gás carbônico livre. Os resultados obtidos dos parâmetros analisados constata-se que as amostras de água provenientes de cinco empresas de pré-moldados encontram-se dentro dos padrões físico-químicos com a norma de água para amassamento do concreto. A empresa com amostra C demonstrou valores fora do recomendado de acordo com um parâmetro. Dessa maneira, é necessário buscar meios para melhoramento da qualidade físico-química da água do açude para que a água possa ser adequada sem causar futuros danos na construção civil.

Palavras-chaves: água para amassamento; pré-moldados; físico-química.

ALVES, P. E. P. N. **Physicochemical analysis of the mixing water used in precast companies in the city of Campina Grande/PB.** 47 f. Completion of Course Work (Undergraduate Building Construction), Instituto Federal da Paraíba, Campina Grande, 2023.

ABSTRACT

Precast or prefabricated parts are produced outside their place of application, being transported and applied on site, and as they are industrially produced parts with technological control, they are expected to have superior performance. In general, the use of drinking water for concrete production is safe, however, the way it is handled and stored on site, or in the case of this research, in the factory, can interfere with water quality. Therefore, this research aimed to verify the physical-chemical parameters of the water used in precast companies, in accordance with ABNT NBR 15900-1 (2009), which determines the quality of mixing water for concrete and mortars. To carry out this work, six precast companies were chosen, located in the municipality of Campina Grande/Paraíba. The variables selected to establish a complete analysis of the use of water to manufacture concrete materials were: electrical conductivity, salinity, pH, chloride, zinc, total hardness and free carbon dioxide. The results obtained from the analyzed parameters show that the water samples from five precast companies are within the physical-chemical standards with the water standard for mixing concrete. The company with sample C demonstrated values outside the recommended range according to one parameter. Therefore, it is necessary to find ways to improve the physical-chemical quality of the reservoir water so that the water can be adequate without causing future damage to civil construction.

Keywords: water for kneading; pre-molded; physicochemical.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização do município de Campina Grande no estado da Paraíba.....	23
Figura 2 - Localização dos pontos de amostragem das coletas de água no município de Campina Grande no estado da Paraíba.....	24
Figura 3 - Amostras de águas coletadas.....	26
Figura 4 - Amostras de água no béquer.....	27
Figura 5 - Condutivímetro de bancada modelo CD-4303.....	28
Figura 6 - pHmetro de bancada.....	29
Figura 7 - Soluções de calibração.....	29
Figura 8 - Solução de indicador K_2CrO_4	30
Figura 9 - Amostras antes de serem tituladas.....	31
Figura 10 - Ponto final da titulação.....	31
Figura 11 - Passo a passo do procedimento analítico do zinco.....	32
Figura 12 - Fotômetro multiparâmetro da marca Hanna modelo HI83300.....	33
Figura 13 - Amostras tituladas.....	34
Figura 14 - Amostras foram tituladas.....	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Teor máximo de cloreto em água para amassamento.....	18
Tabela 2 - Classificação da salinidade da água por meio da Condutividade Elétrica (CE)....	19
Tabela 3 - Níveis de pH determinado nas normas.....	20
Tabela 4 - Teor máximo de cloreto em água para amassamento.....	21
Tabela 5 - Requisito para substância prejudicial.....	21
Tabela 6 - Caracterização das empresas do setor de pré-moldados de concreto da cidade de Campina Grande.....	24

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Valores médios da condutividade elétrica das amostras de água para amassamento.....	36
Gráfico 2 - Valores médios da salinidade das amostras de água para amassamento.....	37
Gráfico 3 - Valores médios do pH das amostras de água para amassamento.....	38
Gráfico 4 - Valores médios do Cloreto das amostras de água para amassamento.....	39
Gráfico 5 - Valores médios do zinco das amostras de água para amassamento.....	39
Gráfico 6 - Valores médios da Dureza total das amostras de água para amassamento.....	40
Gráfico 7 - Valores médios do gás carbônico livre das amostras de água para amassamento.....	41

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

$\mu\text{S/cm}$ - Microsiemens por Centímetro
ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas
 AgNO_3 - Nitrato de prata
 CaCO_3 - Carbonato de Cálcio
 CaCO_3 - Carbonato de cálcio
CAGEPA – Companhia de Água e Esgotos da Paraíba
CE – Condutividade elétrica
Cl- Cloreto
 CO_2 - Gás carbônico
CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente
CPRM - Serviço Geológico do Brasil
EDTA - Ácido Etenodiamino Tetra-Acético
EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
IAL - Instituto Adolfo Lutz
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IFPB - Instituto Federal da Paraíba
 K_2CrO_4 - Cromato de potássio
LQG - Laboratório de Química Geral
 m^3 - Metro cúbico
mg - Miligrama
mg/L - Miligrama por Litro
mL - Mililitro
N - Normalidade
 Na_2S - Sulfeto de Sódio
 NaOH - Hidróxido de Sódio
NBR - Norma Brasileira Recomendada;
 NH_4Cl - Cloreto de Amônio
 NH_4OH - Hidróxido de Amônio
NM - Norma Mercosul
PET - garrafas de politereftalato de etileno
pH - Potencial Hidrogeniônico
SIAGAS - Sistema de Informações de Águas Subterrâneas
Zn - Zinco

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
1.1 JUSTIFICATIVA.....	14
1.2 OBJETIVOS.....	15
1.2.1 Objetivo Geral.....	15
1.2.2 Objetivos Específicos.....	15
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	16
2.1 CONCRETO PRÉ-MOLDADO.....	16
2.2 ÁGUA DE AMASSAMENTO.....	17
2.3 PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS.....	18
2.3.1 Condutividade elétrica e Salinidade.....	18
2.3.2 pH.....	19
2.3.3 Cloreto.....	20
2.3.4 Zinco.....	21
2.3.5 Dureza.....	21
2.3.6 Gás carbônico livre.....	22
3 METODOLOGIA.....	23
3.1 ÁREA DE ESTUDO.....	23
3.2 OBJETO DE ESTUDO.....	24
3.3 AMOSTRAS PARA AS ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS.....	26
3.3.1 Condutividade elétrica.....	27
3.3.2 Salinidade.....	28
3.3.3 pH.....	28
3.3.4 Cloreto.....	30
3.3.5 Zinco.....	32
3.3.6 Dureza.....	33
3.3.7 Gás carbônico livre.....	34
4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	35
4.1 CONDUTIVIDADE ELÉTRICA.....	35

4.2 SALINIDADE.....	36
4.3 pH.....	36
4.4 CLORETO.....	37
4.5 ZINCO.....	38
4.6 DUREZA.....	39
4.7 GÁS CARBÔNICO LIVRE.....	39
5 CONCLUSÕES.....	42
6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	42
REFERÊNCIAS.....	43

1 INTRODUÇÃO

A construção civil necessita de água para manter suas atividades, pois se trata de um insumo utilizado para diversos serviços, desde componente constituinte de argamassas e concretos ou como ferramenta de limpeza, resfriamento e compactação de terrenos (Souza, 2018). A qualidade desse recurso está intimamente ligada ao modo de uso e ocupação do solo, ao clima, topografia, geologia, cobertura vegetal, dentre outros constituintes de uma bacia hidrográfica, nesse caso, associado tanto por aspectos naturais quanto antrópicos (Nolasco *et al.*, 2020).

Segundo Lima e Almeida (2023) o monitoramento da água do amassamento é realizado por intermédio das normas técnicas vigentes passando por avaliações de qualidade, e os principais parâmetros de qualidade de água consistem em avaliações físico-químicas (pH, cloretos, zinco, nitratos, salinidade, dentre outros). Para saber se a água está adequada ao preparo de concreto, é feito uso da norma ABNT NBR 15900-1 (2009), que especifica os requisitos de teores máximos de constituintes prejudiciais na água e direciona os procedimentos de amostragem e quais modos são utilizados para a avaliação da mesma.

A água pode ser modificada por vários fatores, os principais são os agentes químicos que causam a degradação das estruturas. A presença de impurezas, seja de qualquer espécie, prejudica a pega do cimento, causam manchas, atuam na resistência do concreto, que podem levar a problemas mais graves, como à corrosão da armadura (Neville; Brooks, 2013).

Dentre os materiais de construção mais utilizados, destaca-se o concreto e a argamassa, que podem ser preparados na obra, em usinas e podendo ainda serem utilizados na produção de pré-moldados. Os pré-moldados ou pré-fabricados são peças produzidas fora do seu local de aplicação, sendo transportadas e aplicadas na obra, e por se tratarem de peças produzidas industrialmente com controle tecnológico, espera-se que tenham um desempenho superior. Para isto é de suma importância a qualidade dos componentes do concreto, inclusive a água. A água de amassamento pode influenciar nas manifestações patológicas, ou seja, diretamente na qualidade e segurança dos principais materiais fabricados, que podem acarretar em problemas mais sérios.

De acordo com Flório (2004), os elementos pré-moldados vêm ganhando notoriedade na construção civil em obras de pequeno e médio porte. Como se trata de um processo de fácil manuseio e montagem, e também por está presente em quase todas as cidades, fábricas de pré-moldados de médio porte, tem-se uma grande vantagem, dentro da indústria civil,

relacionadas à menor necessidade de mão-de-obra e à otimização de tempo de materiais (Pigozzo *et al.*, 2005).

Quando se fala de água para o concreto logo vem em mente a relação água/cimento, que influencia na resistência e durabilidade do concreto. Porém, um fator tão importante quanto o fator água/cimento é a qualidade dessa água. Segundo Neville e Brooks (2013), a qualidade da água é importante porque pode interferir na pega do cimento, afetar negativamente a resistência do concreto ou causar manchamento de sua superfície, podendo ainda levar à corrosão da armadura. Por isso que a adequabilidade da água de amassamento e de cura devem ser analisadas.

Em várias normas, recomendações e especificações, a qualidade da água para o concreto é definida como sendo água potável. Mas já se sabe que o critério de potabilidade não é absoluto, pois a água potável pode conter alta concentração de sódio e potássio que se utilizada como água de amassamento existirá o risco de ocorrência de reação álcali-agregado (Neville; Brooks, 2013).

De forma geral, a utilização da água potável para produção de concreto é segura, porém, a forma como ela é manuseada e armazenada na obra, ou no caso dessa pesquisa, na fábrica, pode interferir na qualidade da água. Diante disso, esta pesquisa teve como objetivo verificar os parâmetros físico-químicos das águas utilizadas em empresas de pré-moldados, de acordo com a ABNT NBR 15900-1 (2009), que determina a qualidade da água de amassamento para concretos e argamassas (materiais que levam cimento em sua composição).

Nesta pesquisa, foi levantado o seguinte questionamento: As águas utilizadas para a fabricação de pré-moldados nos seis empreendimentos encontram-se dentro dos padrões exigidos? Para responder esta pergunta, o presente trabalho fornece as informações de como cumprir a norma, evitando, como consequente, prejuízos à edificação.

1.1 JUSTIFICATIVA

Com o aumento do desenvolvimento da construção civil, surgiu a necessidade de realizar processos construtivos mais eficientes, através da busca de novas ferramentas construtivas, com procedimentos mais imediatos de industrialização, como os pré-moldados, este, por sua vez, precisa de um monitoramento para garantir o controle de fabricação dos materiais, nesse contexto, a análise dos parâmetros de qualidade da água assegura se está ou não dentro das normas estabelecidas.

O tema proposto tem o intuito de estudar as possibilidades de um controle de qualidade da água para a construção dos pré-fabricados, por isso é de extrema importância que seja adotado esse método de avaliação. Sendo necessário aplicar esse estudo quantitativo e qualitativo para o uso das águas de amassamento do concreto, a fim de confirmar o seu uso adequado e evitar incidentes em longo prazo na construção civil.

Neste trabalho, pretende-se entender a demanda das causas para aplicabilidade de um controle de qualidade da água, e também extinguir tais manifestações patológicas que venham gerar dentro da construção civil, para identificar a real origem do problema e aprimorar os processos da fabricação dos pré-moldados de empresas de pequeno, médio ou grande porte.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar os parâmetros físico-químicos das águas utilizadas em empresas de pré-moldados de Campina Grande-PB, de acordo com a ABNT NBR 15900-1 (2009).

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar os principais parâmetros da água que podem afetar a fabricação do concreto para pré-moldado;
- Avaliar a qualidade da água de amassamento coletada nas empresas de pré- moldados;
- Estudar como a qualidade da água de amassamento pode interferir na qualidade das peças de pré-moldados;
- Estimular o controle tecnológico dos insumos na produção de concreto;
- Identificar formas de contaminação da água nas fábricas de pré-moldados.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 CONCRETO PRÉ-MOLDADO

O pré-moldado começou com a invenção do concreto armado, e seu crescimento se intensificou e firmou no final do século XIX, devido à obrigação da construção rápida de países com suas cidades destruídas após o fim da segunda Guerra Mundial, principalmente na Europa e no Japão (Vasconcelos, 2002; Pigozzo *et al.*, 2005). No Brasil, o uso de pré-fabricados ainda está em consolidação, mas já está sendo empregado de forma crescente em setores como o industrial, comercial, estádios esportivos e infraestrutura (Chastre e Lúcio, 2012).

De acordo com D'Gois e Melo (2021), a estrutura pré-fabricada possui elementos estruturais, como pilares, vigas, lajes e outros, e antes de serem tornarem adequadas para uso, são moldados e adquirem certo grau de resistência. Os elementos pré-moldados são aqueles executados em local diferente do qual será destinado para ser utilizado, de acordo com a norma ABNT NBR 9062 (2017), sob rigoroso controle da qualidade, que é o seu diferencial. É interessante destacar que os requisitos estabelecidos nas normas técnicas devem ser seguidos tanto no projeto quanto na produção e montagem.

Segundo El Debs (2000) o processo construtivo pré-moldado foi desenvolvido no fim da década de 60, como a indústria da construção civil é considerada atrasada no Brasil, devido ter um alto índice de desperdício dos materiais, produtividade baixa, morosidade e baixo controle de qualidade, o uso do pré-moldado surgiu para aperfeiçoar o setor da construção civil, devido à rapidez na execução e a racionalização das peças estruturais de concreto.

Nesse contexto, na construção civil o pré-moldado se tornou comum por atender a necessidade tanto na redução de tempo, quanto na redução da geração de resíduos, por não precisar utilizar recursos para escoramentos e fôrmas. E possuir um elevado controle tecnológico para garantir qualidade, segurança e economia, além de emprego de materiais com ótima qualidade na sua composição, os resíduos são considerados como potenciais para reaproveitamento e produção de outros materiais pré-moldados, para substituição de agregados (Gonçalves, 2001; Araújo *et al.*, 2016).

Nos Estados Unidos do ano de 2012 as vendas de estruturas pré-moldadas voltaram a crescer, após uma queda do ano de 2008, com essa recuperação, pode-se ocorrer uma expansão na utilização desses elementos na construção civil do Brasil, mesmo com uma

queda considerável no ano de 2015, levando em consideração que o setor econômico se reestabeleça (Ullmann, 2018).

2.2 ÁGUA DE AMASSAMENTO

A água tem grande participação na fabricação do concreto, sendo essencial em toda a vida da estrutura, fundamental desde o desempenho da massa em seu estado fresco, até a sua condição endurecida. A qualidade da água de amassamento é importante, pois mediante os parâmetros impactados tais como: cloretos, sulfatos, fosfatos, nitratos, álcalis, açúcares, chumbo e zinco, podem prejudicar para aparecimento de anormalidades como o tempo de pega do cimento, causar manchas, influenciar na resistência do concreto e a proteção da armadura contra a corrosão (Lima; Almeida, 2023).

Segundo a ABNT NBR 15900-1 (2009), a água é classificada em diversos tipos de acordo como é encontrada e especificam os requisitos, procedimentos de amostragem e os métodos de avaliação necessários para a caracterização dela como sendo de qualidade adequada ou não para o uso na produção do concreto pré-moldado, por exemplo. Por isso, a água de amassamento está intimamente relacionada a algumas manifestações patológicas, provocada tanto pela relação água/cimento utilizada erroneamente, ou da existência de substâncias lesivas ao seu desempenho (Souza, 2018).

A NBR 15900-1(2009) estabelece padrões para que os diferentes tipos de águas possam ser usados na fabricação do concreto, sendo potável seu uso é liberado para seu preparo, para tanto, em casos como lagos, rios, poços ou outras fontes, são necessários ensaios de caráter químico da água, para concluir se atende aos requisitos de qualidade aceitáveis pela norma.

ABNT NBR 15900-1 (2009): “Água para amassamento do concreto” também elenca alguns requisitos quanto a água a ser usada para o processo de amassamento do concreto, definindo se a amostra é ou não adequada para uso. Um desses comportamentos é a quantidade de cloreto existente na água, definido nos limites da Tabela 1 a seguir:

Tabela 1 – Teor máximo de cloreto em água para amassamento

Uso Final	Teor Máximo de Cloreto mg/L
Concreto protendido ou graute	500
Concreto armado	1000
Concreto simples (sem armadura)	4500

Fonte: ABNT NBR 15900-1 (2009)

Verifica-se na Tabela 1 que o teor máximo de cloreto expresso na água pode variar mediante o tipo de uso final do concreto, entre eles: concreto protendido ou graute, concreto armado ou concreto simples (sem armadura). O método de ensaio para definição desses valores está de acordo com a NBR 15900-6 (ANBT, 2009). Também de acordo com a ABNT, a NBR 15900-1 exige que o potencial de hidrogênio (pH) da água utilizada para o amassamento do concreto seja maior ou igual a 5,0.

2.3 PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS

A água é um agente de vários tipos de processos físicos e químicos que transporta íons agressivos para degradação de materiais porosos, regulados pela permeabilidade do sólido, que será afetado pela quantidade de íons na água e também pela composição química do sólido. A água é um solvente e por isto estão presentes muitos íons e gases em algumas áreas, tornando capazes de causar decomposição química de materiais sólidos (Santos, 2006).

Os diversos parâmetros que a qualidade da água é representada explicam as principais características físicas, químicas e também biológicas.

2.3.1 Condutividade elétrica e salinidade

Segundo Vasconcelos (2019), o parâmetro da condutividade elétrica é utilizado para conhecimento da qualidade dos corpos hídricos, que representa um parâmetro físico para obtenção das características de um escolhido meio líquido. A condutividade elétrica possui a capacidade que a água tem em conduzir eletricidade, dependendo do tipo e quantidade de íons presente nela, dessa forma, quanto maior ser verificado os íons dissolvidos na água, maior é a sua capacidade de conduzir eletricidade (Marca; Oliveira, 2021).

A unidade usual para expressar este parâmetro é o microsiemes por centímetro ($\mu\text{S/cm}$), que é a unidade utilizada pelo Sistema de Informações de Águas Subterrâneas

(SIAGAS), operado pelo Serviço Geológico do Brasil – CPRM (Vasconcelos 2019). Nas águas naturais os teores de condutividade elétrica estão na faixa de 10 a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$, em ambientes poluídos por esgotos domésticos ou industriais os valores tendem a chegar a 1.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, então quanto maior a existência de concentração iônica na solução, maior a capacidade de transmissão de corrente elétrica, embora não exista um valor limiar para a condutividade elétrica (Brasil, 2014).

A medida da condutividade tem sua importância para o controle da qualidade da água no fornecimento da concentração aproximada de eletrólitos dissolvidos na água. É uma grandeza que está diretamente proporcional com as concentrações dos principais íons determinantes da salinidade presentes nas amostras como o cloreto, cálcio, magnésio, sódio, potássio, carbonatos e sulfatos (Paula; Paula; Pereira, 2009).

A qualidade das águas, quanto sua salinidade, são classificadas como:

- Águas doces: águas com salinidade igual ou inferior a 0,5 ‰;
- Águas salobras: águas com salinidade superior a 0,5 ‰ e inferior a 30 ‰;
- Águas salinas: águas com salinidade igual ou superior a 30 ‰ (Resolução Nº 357, de 17 de março de 2005, do CONAMA).

Para mensuração dos níveis de salinidade presente na água é realizada com a determinação da condutividade elétrica da água que avalia as características físico-químicas. Sendo classificada em baixa, média, alta e muito alta, que varia de 0,25 a 2,25 mS/cm. A tabela 2 mostra a classificação da salinidade:

Tabela 2 - Classificação da salinidade da água por meio da Condutividade Elétrica (CE)

Salinidade	Condutividade (mS/cm)
Baixa	< 0,25
Média	0,25 < 0,75
Alta	0,75 < 2,25
Muito alta	>2,25

Fonte: Adaptado da EMBRAPA (2001)

2.3.2 pH

O pH é uma expressão da intensidade da condição ácida e básica de um considerado meio, definido como o cologaritmo decimal da concentração efetiva ou atividade dos íons hidrogênio.

A sigla do pH se refere ao potencial hidrogeniônico de uma solução (H+), que tem como funcionalidade determinar as características mais ácidas, neutras ou básicas de uma solução (Marca; Oliveira, 2021; Oliveira, 2023).

O indicador da capacidade da água de neutralizar ácidos é dado pelo parâmetro da alcalinidade, que expressa a capacidade de tamponamento da água, ou seja, sua resistência a mudanças do pH. O valor do pH varia de 0 a 14, sendo abaixo de 7, a água determinada ácida, pH 7 água neutra, e pH acima de 7 água alcalina (Brasil, 2013).

O nível de pH da água para amassamento deve está dentro dos limites estabelecidos na tabela 3:

Tabela 3 – Níveis de pH determinado nas normas

Parâmetro	Norma ABNT NBR 15900:2009	Norma Mercosul NM 137:1997 (antiga normativa)
pH	≥5	5,5-9

Fonte: ABNT NBR 15900-1 (2009) e NM 137 (1997)

Segundo Esteves (1998) a variável do pH é a mais difícil de ser interpretada pelo fato de ser vários os fatores que pode comprometer nos resultados. É por isso que ela sofre influência direta pela quantidade de matéria orgânica a ser decomposta, dessa forma, quanto menor é o pH, maior é a presença de matéria orgânica, isso, devido a grande exposição de ácidos.

2.3.3 Cloreto

Segundo Brasil (2013) os cloretos estão em brutas e tratadas e podem variar de pequenos traços até centenas de mg/L. Existem na forma de cloretos de sódio, de cálcio e de magnésio.

O teor de cloreto na água é expresso como Cl-, estabelecidos dentro dos limites na tabela 4:

Tabela 4 - Teor máximo de cloreto em água para amassamento

Uso final	Norma ABNT NBR 15900:2009	Norma Mercosul NM 137:1997
Concreto Protendido	500	500
Concreto Armado	1000	700
Concreto Simples	4500	2000

Fonte: ABNT NBR 15900-1 (2009) e NM 137 (1997)

O processo de corrosão pode ser provocado por agentes agressivos tais como íons cloreto, sulfetos, nitritos, amônio, óxidos de enxofre, entre outros. E ainda podem estar nos componentes do concreto ou podem ser absorvidos por exposição, podendo dar início ou acelerarem a corrosão Crauss (2010).

2.3.4 Zinco

De acordo com a ABNT NBR 15900-1 (2009), contaminações na água de amassamento do concreto por substâncias como o Zinco, pode alterar o tempo de pega e resistências do concreto. O limite máximo que deve ser respeitado está estabelecido na tabela 5:

Tabela 5 - Requisito para substância prejudicial

Substância	Teor máximo MG/L
Zinco, expresso como Zn ²⁺	100

Fonte: ABNT NBR 15900-1 (2009) e NM 137 (1997)

2.3.5 Dureza total

De acordo com Silveira (2023) o parâmetro de dureza total não está presente nas normas ABNT NBR 15900-1 (2009) e NM 137 (1997), sendo que, por muitos autores ele é o principal responsável pela carbonatação do concreto, que resulta na despassivação do aço, consequentemente leva a corrosão da armadura.

A água é considerada dura quando apresenta uma grande quantidade de cálcio e magnésio, e tem por classificação água mole ou branda quando os teores de cálcio (CaCO₃) tem valores menores que 50 mg/L, água moderada com teores de 50 a 150 mg/L, dura entre teores de 150 a 300 mg/L e muito dura com teores acima de 300 mg/L (Macêdo, 2002).

2.3.6 Gás carbônico livre

O gás carbônico (CO₂) livre é encontrado em baixa concentração em águas superficiais. Já em águas subterrâneas, como águas de poços, o CO₂ é encontrado em maior concentração, contribuindo significativamente para a corrosão de materiais como metais e de materiais à base de cimento e limitando a presença de organismos vivos aeróbios, por isso é relevante o seu teor ser conhecido e controlado (Neto, 2013).

De acordo com Brasil (2013), o gás carbônico livre em águas subterrâneas pode apresentar-se acima de 10 mg/L, em maior concentração do que é encontrado em águas superficiais. A acidez de uma determinada água decorre principalmente do dióxido de carbono, e é um fator muito importante que pode entrar na água por difusão da atmosfera ou ser resultante de processos biológicos de degradação de material orgânico (Oliveira, 2023).

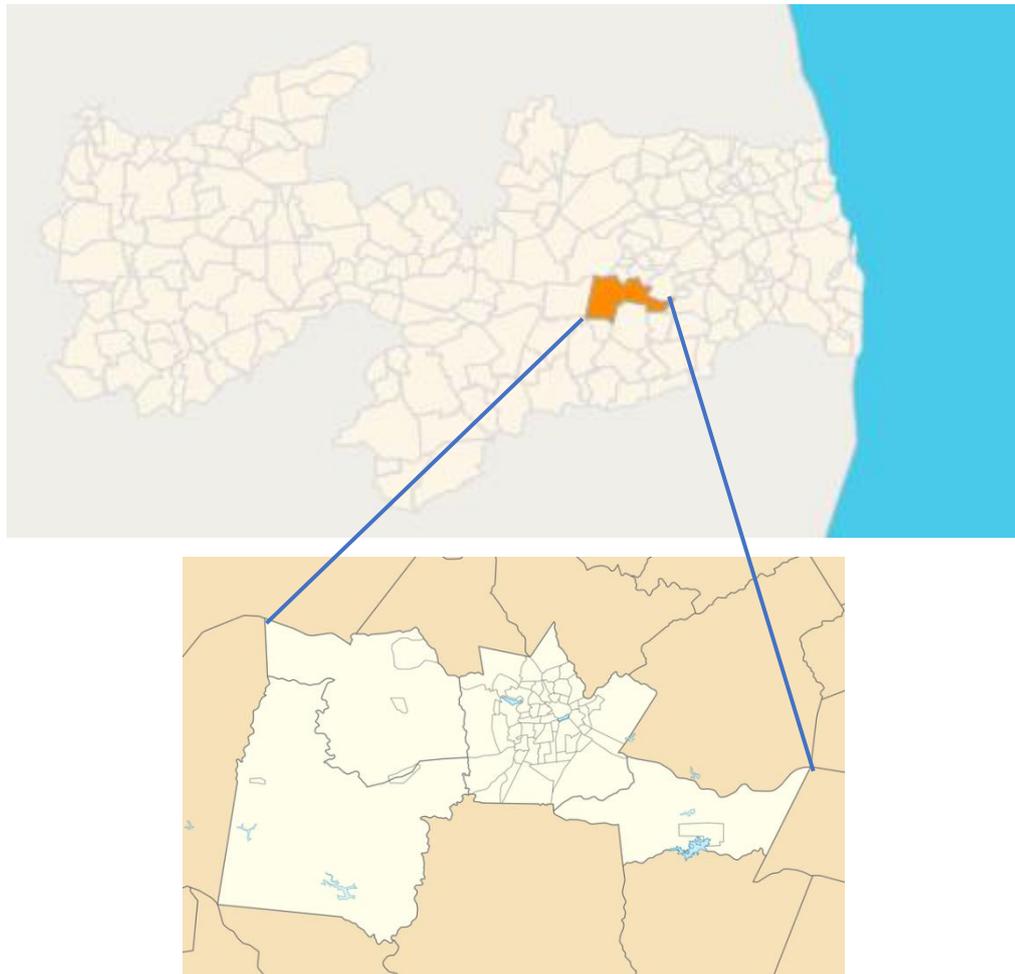
3 METODOLOGIA

Para realização deste trabalho, foi a partir do projeto de extensão do IF Mais Empreendedor, realizado pela Fundação de Apoio ao Desenvolvimento e Ensino de Machado – FADEMA, que participavam seis empresas de pré-moldados, localizadas no município de Campina Grande/Paraíba.

3.1 ÁREA DE ESTUDO

Esta pesquisa se propôs a estudar empresas de pré-moldados da cidade de Campina Grande-PB. O município de Campina Grande, no estado da Paraíba, possui área territorial de 591,658 km² com população estimada em 2022 de 708,82hab/km² (IBGE, 2022). O município no estado tem a localização apresentada na Figura 1.

Figura 1 - Localização do município de Campina Grande no estado da Paraíba

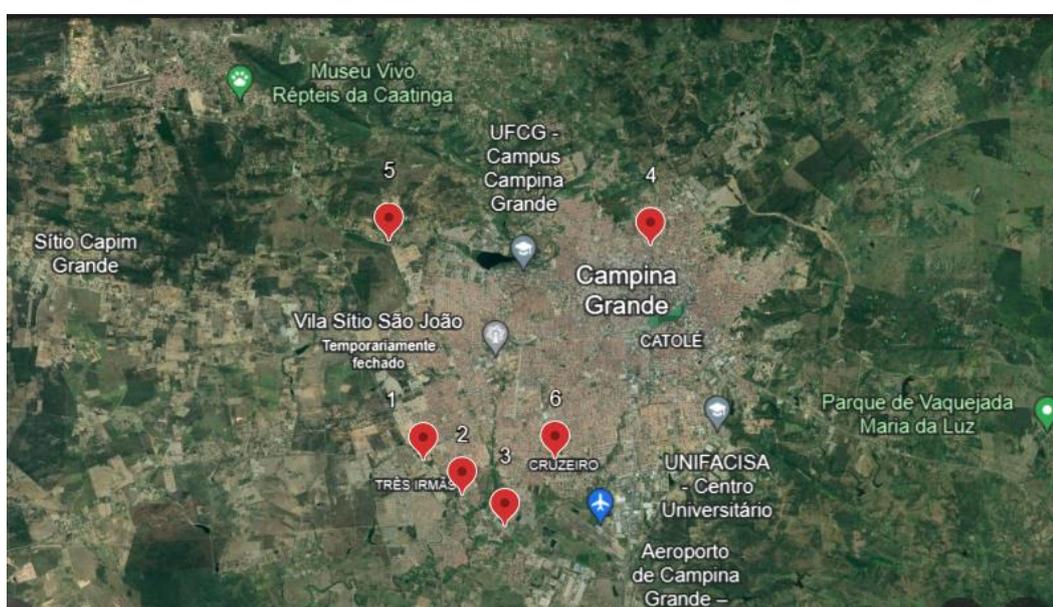


Fonte: IBGE (2022)

3.2 OBJETO DE ESTUDO

Como fonte de estudo do trabalho, foram selecionados seis microempresas de artefatos de pré-moldados identificadas como A, B, C, D, E e F, localizadas no município de Campina Grande/PB. A figura 2 mostra a localização dos pontos de amostragem das coletas de água estudada.

Figura 2 - Localização dos pontos de amostragem das coletas de água no município de Campina Grande no estado da Paraíba



Fonte: Google earth (2023)

Para desenvolvimento dos estudos das empresas de pré-moldados, foi realizada a coleta de água nas empresas A, B, C, D, E e F. Após a coleta, deu-se início aos ensaios da qualidade de água, a tabela 6, caracteriza cada empresa.

Tabela 6 - Caracterização das empresas do setor de pré-moldados de concreto da cidade de Campina Grande

EMPRESA A	
Porte do empreendimento	Pequeno porte.
Atividade principal	Pré-moldados
Peças produzidas	Bloco intertravado (4/6 cm) e colorido; Bloco (16/19); Meio-fio (grande/fino) sem dimensão; Bloco fino; Piso tátil; Placa cimentícia (piso); Paver 6 e

	Cobogó.
Funcionários na produção	2 funcionários
EMPRESA B	
Porte do empreendimento	Micro empresa.
Atividade principal	Tubulação de esgoto – manilhas de 20 até 1,5 cm-diâmetro (esgotamento sanitário).
Peças produzidas	Manilhas, Meio-fio, Estaca reta e de ponta virada, Blocos, Caixa de gordura, Canaletas, Piso, Laje.
Funcionários na produção	15 funcionários
EMPRESA C	
Porte do empreendimento	Grande porte.
Atividade principal	Bloco de concreto
Peças produzidas	Bloco de concreto, bloco intertravado, meio fio, manilhas, entre outros.
Funcionários na produção	25 funcionários
EMPRESA D	
Porte do empreendimento	Pequeno porte
Atividade principal	Pedras Ornamentais
Peças produzidas	Pedras, elementos vazados, caixa de esgoto, revestimento em cimento, cerâmica e pedra fria.
Funcionários na produção	4 funcionários
EMPRESA E	
Porte do empreendimento	Micro empresa.
Atividade principal	Produção de peças estruturais (pré-moldados)
Peças produzidas	Vigas e Pilares de concreto.
Funcionários na produção	12 funcionários
EMPRESA F	
Porte do empreendimento	Pequeno porte.
Atividade principal	Fabricação de Pré-moldados, em especial, os utilizados nas construções de lajes.
Peças produzidas	Canaletas, Trilhos de lajes, Vergas, Caixa de esgoto, Rufo, Pedras moldadas para calçadas, Cobogós (5 modelos), Estacas.

Funcionários na produção	4 funcionários
--------------------------	----------------

Fonte: Silva (2023). Adaptada ao autor

3.3 AMOSTRAS PARA AS ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

A pesquisa foi desenvolvida inicialmente por uma fase prática com o deslocamento as empresas para levantamento dos dados obtidos, através da coleta das águas destinadas a fabricação dos pré-moldados, realizada em junho de 2023, por meio de garrafas de politereftalato de etileno (PET) de 1,5 litros, e sempre coletada diretamente do seu armazenamento final, ou seja, último local antes de ser utilizada. Sendo as amostras das águas das empresas A, D e F coletadas das tubulações (torneira - CAGEPA), das empresas B e C de açudes e a da empresa E de reservatório, abaixo está a figura 3 com as amostras das águas.

Figura 3 – Amostras de águas coletadas



Fonte: Autoral (2023)

Para caracterização das amostras de água, os testes foram realizados no Laboratório de Química Geral (LQG) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, campus Campina Grande, para realização das análises físico-químicas das águas coletadas, estabelecidos pela ABNT NBR 15900-1 (2009), que trata da água para amassamento do concreto.

As variáveis selecionadas para estabelecer uma análise completa acerca do uso da água para fabricação dos materiais de concreto foram: condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$), salinidade (mg/L), pH, cloreto (mg/L de Cl^-), zinco (mg/L de Zn), dureza total (mg/L de CaCO_3) e gás carbônico livre (mg/L de CO_2 livre), sendo esses utilizados como parâmetros

para verificar a qualidade da água, de acordo com o que é proposto pela norma ABNT NBR 15900-1 (2009), que caracteriza os limites dos parâmetros monitorados como requisitos para água de amassamento do concreto. Todas as análises foram realizadas em triplicatas, para garantir a precisão dos resultados e evitar possíveis erros.

3.3.1 Condutividade elétrica

Para verificar a medida da condutividade elétrica de cada amostra foi utilizado o condutivímetro portátil da Lutron, modelo CD-4303, composto de um eletrodo e um termômetro. De acordo com os procedimentos analíticos do Instituto Adolfo Lutz (IAL 2008), foram realizadas as análises através da imersão direta, em cada béquer de 100 mL com as amostras, observado na Figura 4, sendo o eletrodo e o termômetro lavados com água destilada e secos com papel toalha, pra cada amostra analisada.

Figura 4 - Amostras de água no béquer



Fonte: Autoral (2023)

A unidade utilizada no resultado foi em mS/cm (miliSiemens por centímetro). Mas os valores obtidos no condutivímetro, Figura 5, depois foram convertidos para macro, dividindo cada resultado por 1000 para o cálculo da salinidade.

Figura 5 - Condutivímetro de bancada modelo CD-4303



Fonte: Autoral (2023)

3.3.2 Salinidade

Para o cálculo da salinidade das amostras foi utilizado como referência os resultados da condutividade elétrica, através da conversão de medidas. O método foi adaptado do manual analítico disponibilizado pela INTRUSUL (2018). Com as análises realizadas, foi calculada a concentração de salinidade em unidade mg/L da amostra, através da Equação 1:

$$\text{Salinidade (mg/L)} = (x^{1,0878} * 0,4665) * 1000 \quad \text{Equação (1)}$$

Onde:

X = Condutividade elétrica expressa em mS/cm

3.3.3 pH

O pH das amostras foi verificado pelo pHmetro de bancada modelo mPA210, figura 6, nesse caso primeiramente ocorreu a calibração conforme o manual, figura 7, depois separado uma pequena quantidade das amostras em béqueres de 150 mL, para o eletrodo ser imerso e

ser verificado o pH de cada amostra. O eletrodo era lavado com água destilada e seco com papel toalha, para cada amostra analisada.

Figura 6 - pHmetro de bancada



Fonte: Autoral (2023)

Figura 7 - Soluções de calibração



Fonte: Autoral (2023)

3.3.4 Cloreto

Para análise do teor de cloretos foram inseridas em cada erlenmeyer de 250ml com uma pipeta volumétrica, 100ml das amostras de água (empresas A, B, D, E e F) para execução dos ensaios, apenas na amostra da empresa C foi inserida 75 ml de água destilada e 25ml de amostra, e também foi necessário a prova em branco com 100ml de água destilada. Depois foi inserido em cada erlenmeyer com uma pipeta graduada 1 ml de solução de indicador (Cromato de potássio K_2CrO_4) a 5% para cada amostra e a prova em branco, figura 8, para saber a quantidade de cloreto, depois ocorreu a titulação com a solução do nitrato de prata ($AgNO_3$) a 0,0141Normal, para as amostras de águas, figura 9, até surgir uma leve cor vermelho-tijolo que é o ponto final da titulação, figura 10, e para a titulação da água destilada utilizou 0,5 g de carbonato de cálcio ($CaCO_3$).

Figura 8 - Solução de indicador K_2CrO_4



Fonte: Autoral (2023)

Figura 9 - Amostras antes de serem tituladas



Fonte: Autoral (2023)

Figura 10 - Ponto final da titulação



Fonte: Autoral (2023)

Primeiramente foi titulada a amostra de água destilada, posteriormente as amostras das águas. A concentração de cloreto (Cl^-) em mg/L da amostra é então calculada por meio da Equação 2.

$$mg/L \text{ de } Cl^- = \frac{(VA - VB) * 35,46 * N * 1000}{mL \text{ da amostra}} \quad \text{Equação (2)}$$

Onde:

VA= Volume de AgNO₃ gasto na amostra

VB= Volume de AgNO₃ gasto na prova em branco

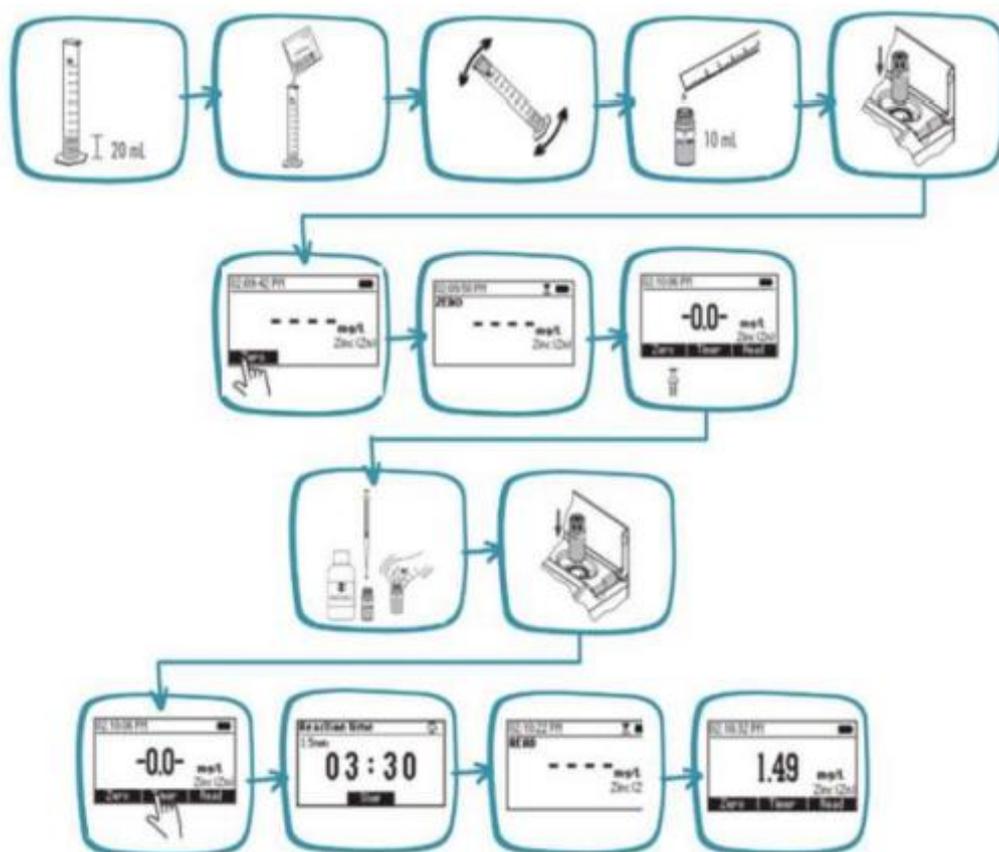
N= Normalidade do AgNO₃

O resultado foi expresso em mg/L de CL^-

3.3.5 Zinco

As análises do zinco foram realizadas a partir do fotômetro, multiparâmetro da marca Hanna modelo HI83300, figura 12, e por meio do manual do equipamento, figura 11.

Figura 11 - Passo a passo do procedimento analítico do zinco



Fonte: Adaptado do manual do fotômetro HI83300

Para a análise foi necessário 20 mL de cada amostra com o reagente A de Zinco ((HI93731A-0) para zerar o equipamento. Também adicionou 0,5 mL o reagente B de Zinco (HI93731B-0), à cubeta zerada. Após isso, o medidor leu e o equipamento exibiu os resultados em mg/L e zinco (Zn).

Figura 12 - Fotômetro multiparâmetro da marca Hanna modelo HI83300

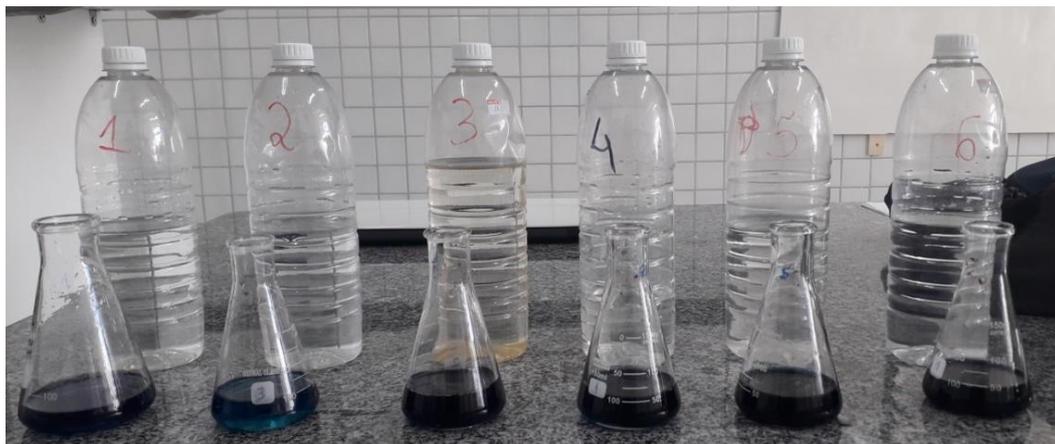


Fonte: Autoral (2023)

3.3.6 Dureza total

A dureza total foi analisada pelas normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz (IAL 2008). Primeiro foi determinado 25 mL de cada amostra para um erlenmeyer, acrescentando 25mL de água destilada, 1 mL de solução tampão pH=10 ($\text{NH}_4\text{Cl}/\text{NH}_4\text{OH}$) e 1mL da solução inibidora de sulfeto de sódio (Na_2S) a 5% e 30 mg de indicador negro de eriocromo T. As amostras foram tituladas com solução de ácido etilenodiamino tetra-acético (EDTA) a 0,01 M, até a cor rosa desaparecer e surgir uma cor azul, figura 13.

Figura 13 - Amostras tituladas



Fonte: Autoral (2023)

O volume de EDTA gasto é anotado, e em seguida o valor da dureza total da amostra é calculado a partir da Equação 3.

$$Dureza\ total = \frac{(Volume\ em\ mL\ de\ EDTA\ gasto) * 1000}{(Volume\ em\ mL\ da\ amostra)} \quad \text{Equação (3)}$$

Onde:

Dureza total é expressa em mg/L em termos de $CaCO_3$.

3.3.7 Gás carbônico livre

A análise do gás carbônico livre foi necessária 100 mL de amostra mais 10 gotas de fenolftaleína para a titulação com hidróxido de sódio (NaOH), até o aparecimento de leve coloração rosa persistente por pelo menos 30 segundos, Figura 14.

O gás carbônico livre foi analisado através de titulação, onde foram colocados 100 ml das amostras em um Erlenmeyer, posteriormente foram adicionadas 10 gotas de fenolftaléina, um reagente que indica a presença de CO_2 , com a comprovação da presença do carbono, deu-se sequência a titulação, na qual foi utilizado hidróxido de sódio dissolvido a 0,02 N. Os valores registrados na titulação das amostras foram utilizados para os cálculos, equação 4, seguindo o manual prático de análises de água disponibilizado pela Funasa (2004).

Figura 14 - Amostras foram tituladas



Fonte: Autoral (2023)

Cálculo:

$$V \times 10 \times Fc = \text{mg/L de CO}_2 \text{ livre}$$

Equação (4)

Onde:

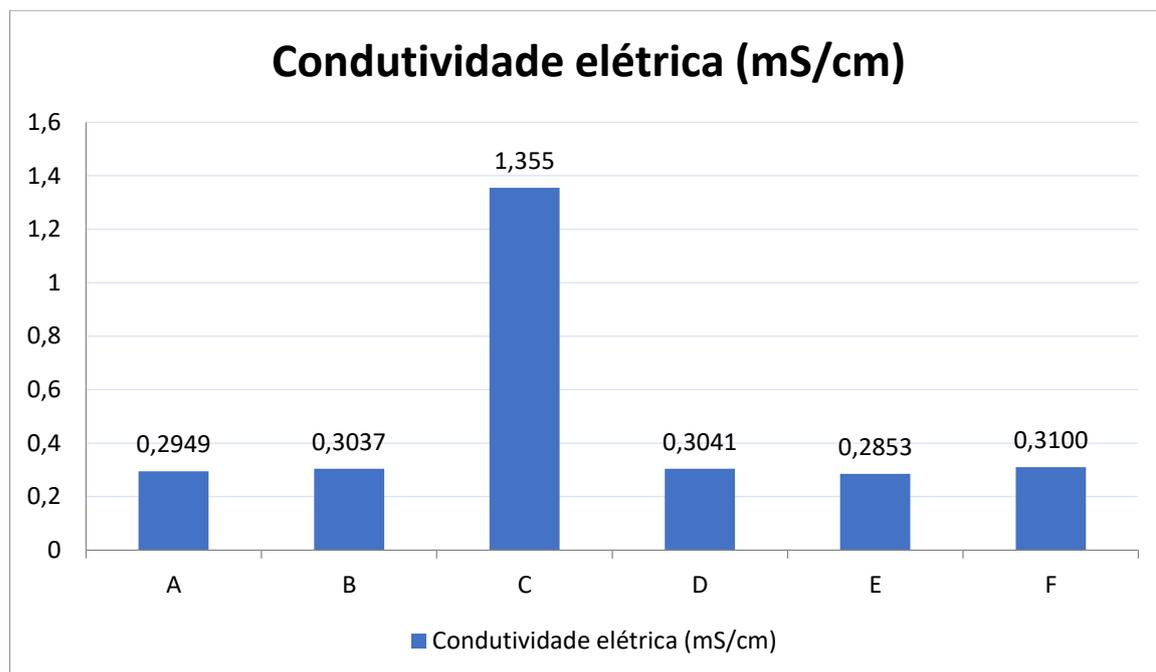
Fc = fator de correção. (1,01)

4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1 CONDUTIVIDADE ELÉTRICA

No gráfico 1 são apresentados os resultados referentes à condutividade elétrica. Analisando referido gráfico é possível verificar que não estão em desacordo com a norma ABNT NBR 15900-1 (2009), uma vez que as normativas não apresentam valores pré-estabelecidos para o parâmetro.

Gráfico 1: Valores médios da condutividade elétrica das amostras de água para amassamento



Fonte: Autoral (2023)

Os resultados mostraram que o teor de maior condutividade foi especificamente na amostra C, e por se tratar de água de açude, o uso do solo pode modificar diretamente a composição de uma água refletindo na condutividade elétrica. Mas as amostras de água apresentaram valores dentro dos limites estabelecidos pela norma podendo ser utilizada em construção civil sem nenhuma restrição para amassamento do concreto. Esses dados apresentados estão relacionados com o ensaio da salinidade, e também com a concentração por íons de cloreto, que de acordo com Correia (2019), impacta na resistividade elétrica do concreto, devendo indicar uma maior ou menor resistência a passagem de corrente elétrica no interior do concreto.

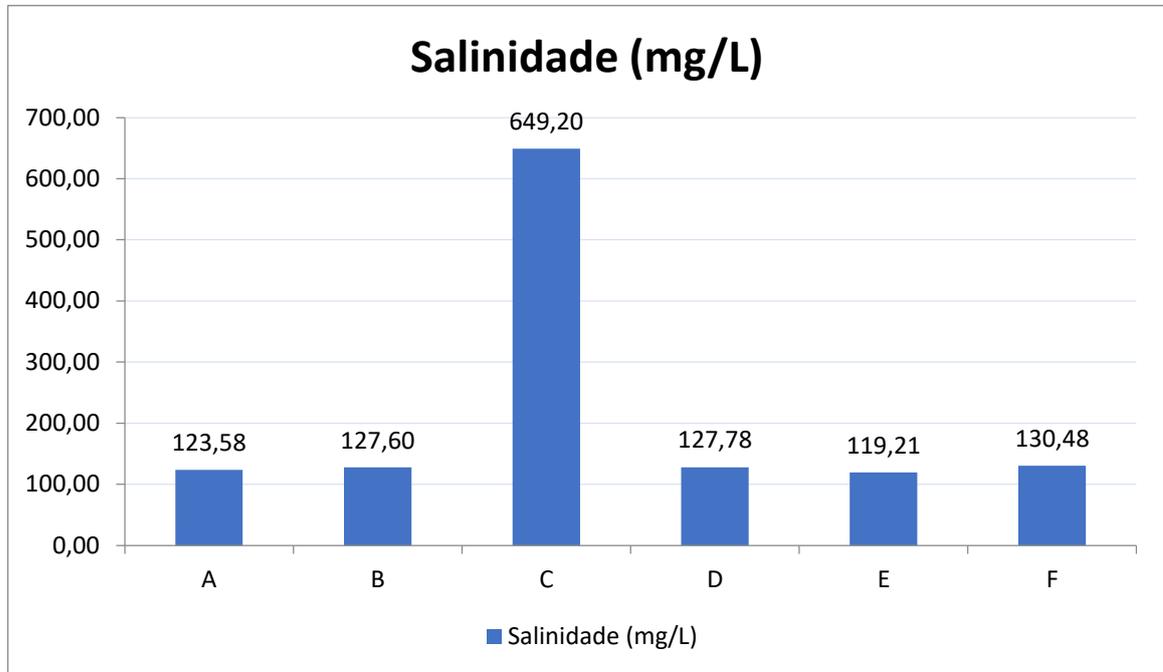
4.2 SALINIDADE

Segundo Araújo *et al.* (2016) as manifestações patológicas presentes na corrosão do aço está intimamente relacionada à salinidade, e trata-se de um fenômeno expansivo, que influencia na aparência estética do material estrutural.

Como o parâmetro de condutividade elétrica é diretamente proporcional a salinidade, os resultados apresentados no gráfico 2 estão em acordo com a norma da ABNT NBR 15900-1 (2009), e pode ser usada normalmente para água de amassamento. Porém, observa-se que a

amostra C apresentou valores bem acima das demais amostras, mesmo estando dentro do limite estabelecido pela norma.

Gráfico 2: Valores médios da salinidade das amostras de água para amassamento



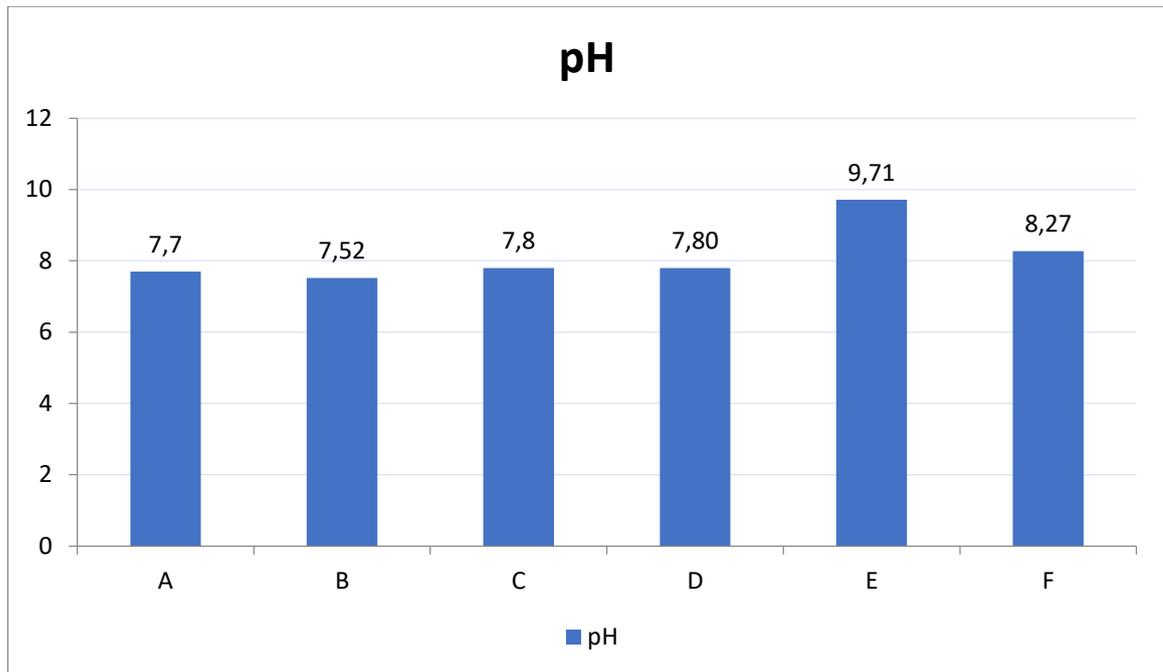
Fonte: Autoral (2023)

4.3 pH

Mediante as análises com os dados obtidos, pode-se fazer um comparativo entre os resultados das seis empresas, que mostra o parâmetro do pH como atendido, definido pela norma da ABNT NBR 15900-1 (2009). No gráfico 3 os de maiores valores são encontrados nas amostras E e F, sendo 9,71 e 8,27, respectivamente.

O pH ou potencial e hidrogênio (pH) representa a concentração dos íons de hidrogênio presentes em uma solução, logo segundo ABNT NBR 15900-1 (2009) recomenda que o pH da água de amassamento deve está ≥ 5 . Então, observa-se que todos as amostras estavam dentro do valor esperado.

Gráfico 3: Valores médios do pH das amostras de água para amassamento



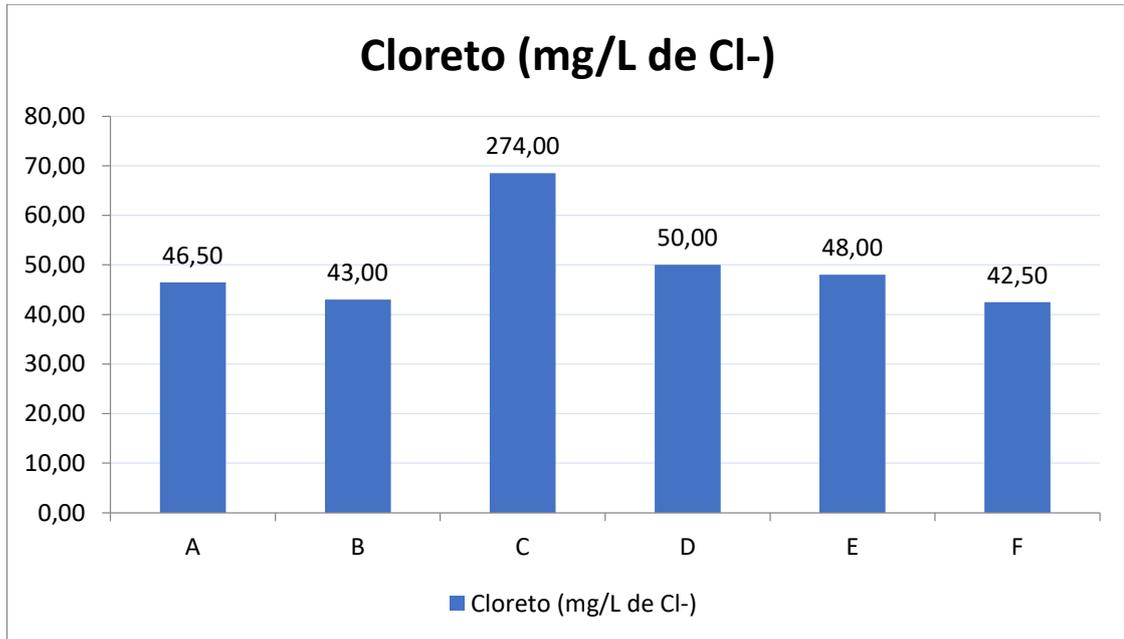
Fonte: Autoral (2023)

Segundo Silveira (2023) o pH da água em médias baixas pode apresentar aspectos corrosivos, e em médias altas incrustações prejudiciais ao concreto, sendo um agente que indica possíveis poluentes na água.

4.4 CLORETO

De acordo com a ABNT NBR 15900-1 (2009) os resultados das amostras estão dentro dos critérios de análise, na quantidade de cloretos, atendendo a todos os três tipos de concreto que podem ser utilizados na fabricação de pré-moldados, concreto protendido, armado e simples.

Gráfico 4: Valores médios do Cloreto das amostras de água para amassamento

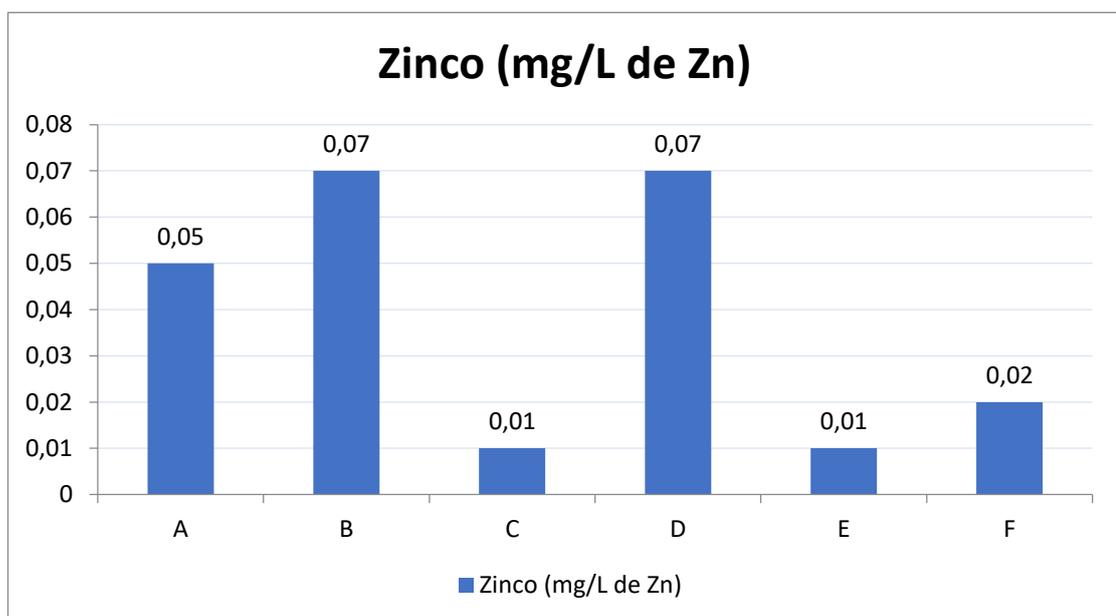


Fonte: Autoral (2023)

4.5 ZINCO

O gráfico 5, disponível abaixo, apresenta os valores do metal Zinco (Zn). É possível notar que em todas as amostras foram detectados o zinco, mas em concentrações abaixo do limite de quantificação do fotômetro de acordo com a norma ABNT NBR 15900-1 (2009), que para todos os tipos de concreto é de 100.

Gráfico 5: Valores médios do zinco das amostras de água para amassamento

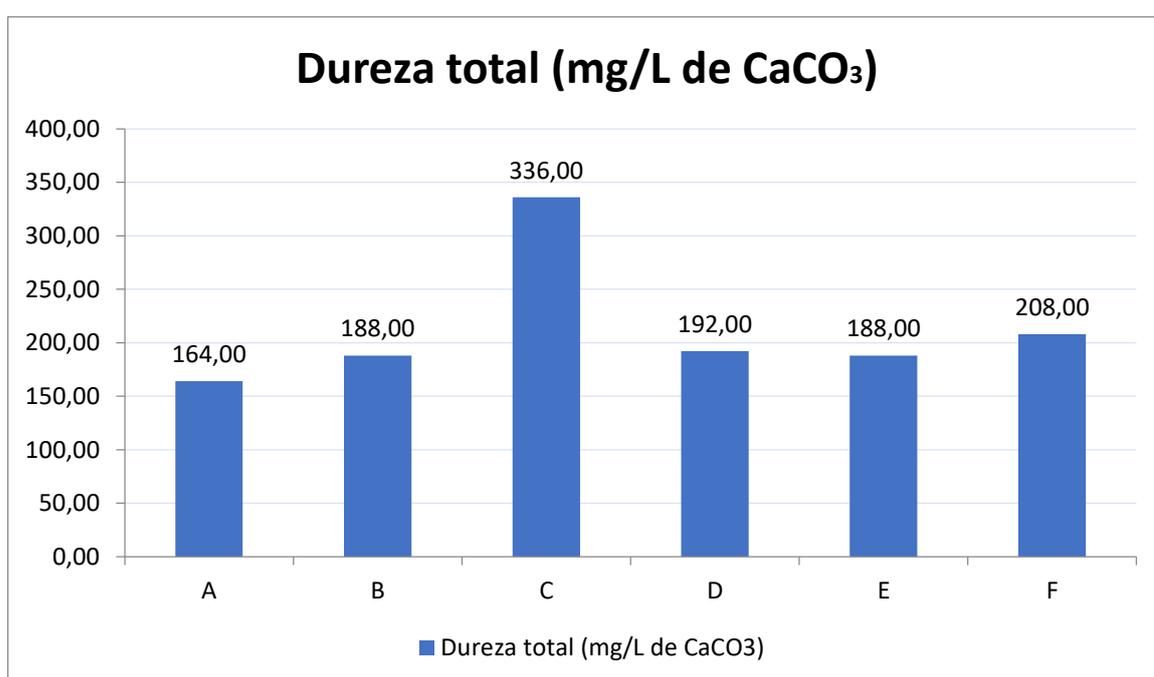


Fonte: Autoral (2023)

4.6 DUREZA

De acordo com Silveira (2023) é de extrema importância a análise da dureza para evitar futuras patologias na construção da edificação. Observa-se no gráfico 6 os resultados das amostras analisadas, o resultado da amostra C, apresentou discrepância em relação ao resultado das demais amostras. Apesar de ser um fator importante, a norma não determina valores permitidos para este parâmetro.

Gráfico 6: Valores médios da Dureza total das amostras de água para amassamento



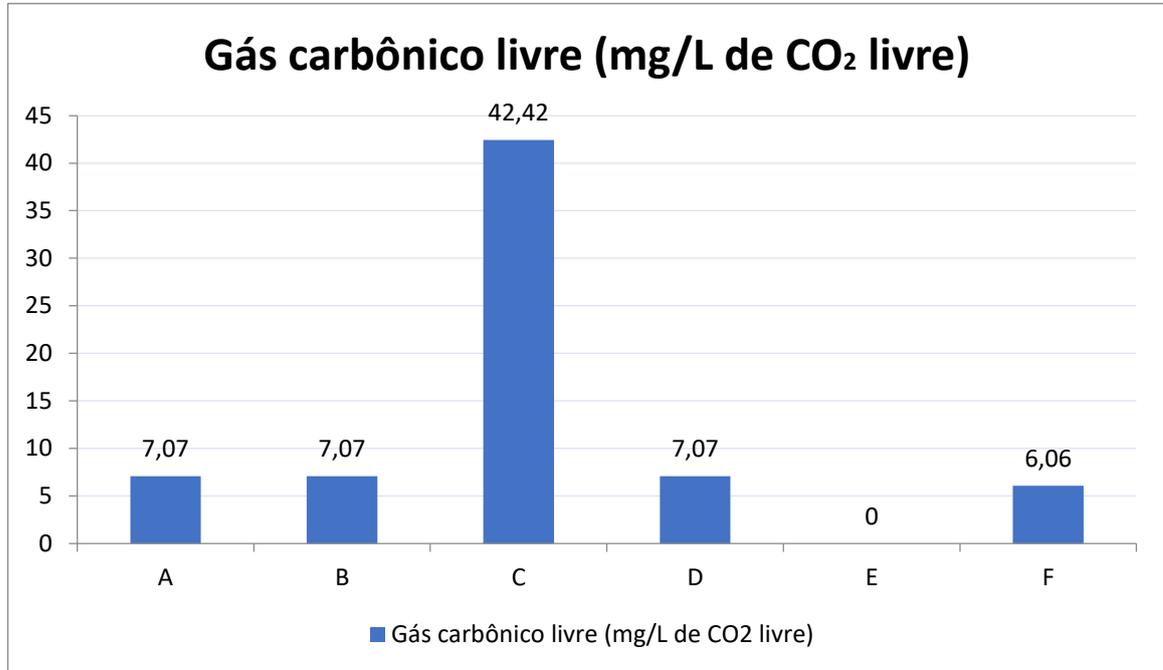
Fonte: Autoral (2023)

4.7 GÁS CARBÔNICO LIVRE

Os resultados do gás carbônico livre estão disponíveis no gráfico 7 abaixo. Na amostra C foi observada uma quantidade acima do permitido, que seria uma concentração maior do que 10 mg/L, nesse caso, poderá ocasionar futuros problemas, pois o gás carbônico contido na água pode contribuir significativamente para a corrosão das estruturas metálicas e de materiais à base de cimento (tubos de fibro-cimento) de um sistema de abastecimento de água, por reagir com esse material, produzindo carbonato de cálcio, o qual é insolúvel em água (Neto, 2013).

As demais amostras de água apresentaram uma quantidade dentro do limite permitido seguindo o manual prático de análises de água disponibilizado pela Funasa (2004).

Gráfico 7: Valores médios do gás carbônico livre das amostras de água para amassamento



Fonte: Autoral (2023)

A água da amostra C apresentou teor de 42,42 mg/L de CO₂ livre, que é considerado elevado, mas devido se tratar de água subterrânea, açude, existe em maior concentração. Esta água é classificada como inadequada para uso da fabricação de concreto pré-moldado, pelo fato de contribuir para aparecimento de futuras manifestações patológicas.

5 CONCLUSÕES

O estudo realizado permitiu aprimorar o conhecimento na questão da vida útil do material pré-moldado, através de análises da qualidade da água utilizada para o amassamento do concreto, uma vez que, a má qualidade dessa água pode refletir sim, no surgimento de manifestações patológicas, alterar a pega do cimento, bem como alterar a resistência do material fabricado.

Conclui-se que a água de amassamento pode influenciar diretamente nas propriedades do concreto, no que diz respeito tanto na durabilidade, quanto também na trabalhabilidade.

A empresa C mostrou uma quantidade acima do permitido no parâmetro do gás carbônico livre, o que indica a necessidade de seguir as normas conforme estabelecido, através de um controle de qualidade minucioso da água, para saber se o tipo de água que está sendo utilizada tem alguma inconformidade.

Cabe ressaltar que os pré-fabricados de concreto apresentam elevado desempenho estrutural e também estético, por isso a importância da produção com alto padrão de controle da qualidade com procedimentos de fabricação elaborados, para potencialização desse material.

Portanto, conforme havia sido previsto por meio das principais análises dos parâmetros da água de amassamento do concreto, a pesquisa conseguiu confirmar e mostrar a importância da qualidade da água, de está dentro da norma estabelecida pela ABNT NBR 15900-1 (2009) para prologar a vida útil do material e atingir as características positivas necessárias do produto final.

6 SUGESTÕES PARA FUTURAS PESQUISAS

- Analisar a microbiologia das amostras como indicativo de presença de matéria orgânica;
- Estudar a durabilidade dos concretos utilizados para fabricação dos pré-moldados das empresas analisadas, relacionando com as características de cada água de amassamento;
- Apontar possíveis contaminações da água dentro do processo de fabricação, relacionando com as características apresentadas nesta pesquisa.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Daniel de Lima; FELIX, Ludmylla Pires; SILVA, Leonardo Costa e; SANTOS, Thiago Martins dos. Influência de agregados reciclados de resíduos de construção em propriedades mecânicas do concreto. REEC - Revista Eletrônica de Engenharia Civil, Goiânia, v. 11, n. 1, p. 16-78, Dez. 2015- Jun. 2016. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/reec/article/view/35467>. Acesso em: 25 set. 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15900: Água para amassamento do concreto – Parte 1: Requisitos. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9062: Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado. Rio de Janeiro, 2017.

BRASIL. Fundação Nacional de saúde. Manual Prático de Análise de Água. Brasília, DF: presidência da república, 2013. Disponível em: Manual prático de análise de água 2013.pdf (funasa.gov.br). Acesso em: 05 out. 2023.

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

CHASTRE, Carlos; LÚCIO, Válter. Estruturas pré-moldadas no mundo – Aplicações e comportamento estrutural. 1. ed. Guarulhos, SP, 2012.

CMN - COMITÊ MERCOSUL DE NORMALIZAÇÃO - NM 137:97 - Argamassa e Concreto - Água para Amassamento e Cura e Argamassa e Concreto de Cimento Portland, CMN, 1997.

CORREIA, Leandro Cupertino. Avaliação da resistividade elétrica do concreto em função do uso de diferentes aditivos químicos. 2019. 99 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia, 2019. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1843/30583>. Acesso em: 16 out. 2023.

CRAUS, Camila. Penetração de cloretos em concretos com diferentes tipos de cimento submetidos a tratamento superficial. 2010. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)–Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/7754>. Acesso em: 21 out. 2023.

D'GOIS, Arthur Vasconcelos; MELO, Ronald Machado Barcelos de. Análise comparativa de estrutura em concreto pré-moldado e moldado *in loco*. 2021. 119 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Curso de Engenharia Civil e Ambiental, Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/48845>. Acesso em: 07 nov. 2023.

EL DEBS, Mounir Khalil. Concreto pré-moldado: fundamentos e aplicações. São Carlos: EESC-USP, 2000, 441 p.

ESTEVEES, Francisco de Assis. Fundamentos de limnologia, Rio de Janeiro: Interciência, 1998. 601 p.

FLÓRIO, Márcio Cardozo. Projeto e execução de lajes unidirecionais com vigotas em concreto armado. 2003. 213 f. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de São Carlos–SP, 2004. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/4630>. Acesso em: 21 out. 2023.

FUNASA. Manual prático de análise de água. Funasa, 2004.

GONÇALVES, Rodrigo Dantas Casillo. Agregados reciclados de resíduos de concreto: um novo material para dosagens estruturais. 2001. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18134/tde-06052016-150748/>. Acesso em: 25 set. 2023.

GOOGLE EARTH. MAPAS. 2023. Disponível em: <http://mapas.google.com>. Acesso em 21 de out. 2023.

IAL, Instituto Adolfo Lutz. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. São Paulo: ANVISA, 2008.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística; Dados das cidades e estados. 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pb.html>. Acesso em: 21 de out. 2023.

INTRUSUL; Como medir a salinidade da água. 2018. Disponível em: [http://blog.intrusul.com.br/como-medir-salinidade-daagua/#:~:text=Voc%C3%AA%20pode%20fazer%20isso%20multiplicando,por%20litro%200\(de%20solu%C3%A7%C3%A3o\)](http://blog.intrusul.com.br/como-medir-salinidade-daagua/#:~:text=Voc%C3%AA%20pode%20fazer%20isso%20multiplicando,por%20litro%200(de%20solu%C3%A7%C3%A3o)) Acesso em: 21 out. 2023.

LIMA, Micael Gomes de; ALMEIDA, Alice Jadneiza Guilherme de Albuquerque. Análises físico-químicas da água de amassamento do concreto estudo de caso da barragem Pau Ferro localizada na zona da mata sul de Pernambuco. Revista de Engenharia e Tecnologia, v. 15, n. 1, 2023. Disponível em: <https://revistas.uepg.br/index.php/ret/article/view/21470>. Acesso em: 14 ago. 2023.

MACÊDO, JAB de. Introdução à química ambiental. Juiz de Fora: CRQ-MG, 2002.

MARCA, Gabriel Conde; OLIVEIRA, Luma Joyce de Castro. Estudo da viabilidade do uso de água pluvial tratada na produção de concreto em pequena escala. 2022. 47 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Centro Universitário do Planalto Central Aparecido dos Santos, 2021. Disponível em: <https://dspace.uniceplac.edu.br/handle/123456789/1601>. Acesso em: 16 set. 2023.

NETO, João Lopes da Silva. Análise físico-química de parâmetros de qualidade da água de abastecimento de uma cidade localizada no alto sertão do estado de Pernambuco. 2013. 34f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química)- Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2013. Disponível em: <https://dspace.bc.uepb.edu.br/jspui/handle/123456789/3974>. Acesso em 21 out. 2023.

NEVILLE, Adam M.; BROOKS, J. J. Tecnologia do concreto. 2. ed. Porto Alegre, RS: Bookman, 2013. ISBN 9788582600719.

NOLASCO, Glauco Maciel et al. Análise da alcalinidade, cloretos, dureza, temperatura e condutividade em amostras de água do município de Almenara/MG. Recital-Revista de Educação, Ciência e Tecnologia de Almenara/MG, v. 2, n. 2, p. 52-64, mai./ago. 2020. Disponível em: <https://recital.almenara.ifnmg.edu.br/index.php/recital/article/view/60>. Acesso em: 05 set. 2023.

OLIVEIRA, Elisangela Medeiro de. Análise físico-química da água em escolas públicas do município de Sousa-PB. 2023. 47 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – IFPB, 2023. Disponível em: <https://repositorio.ifpb.edu.br/handle/177683/2961>. Acesso em: 05 out. 2023.

PAULA, Heber Martins de; PAULA, Érica Cristina Martins de; PEREIRA, Samuel Esteves. Qualidade da água de chuva e suas aplicações nas zonas urbanas e rurais do município de Goiânia-GO. XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, SBRH, nov. 2009. Disponível em: <https://anais.abrhidro.org.br/job.php?Job=10275>. Acesso em: 25 set. 2023.

PIGOZZO, Bruno N. et al. A influência dos pré-fabricados em concreto armado no ciclo de industrialização da construção. XI Encontro nacional de Tecnologia no Ambiente Construído. 23 a 25 de agosto de 2006. Florianópolis/SC. Disponível em: http://www.infohab.org.br/entac2014/2006/artigos/ENTAC2006_3265_3274.pdf. Acesso em: 21 out. 2023.

REIS, Yury. Manifestações de salitre em residências da cidade de Ouro Branco-Alagoas: estudo de caso. 2021. 65 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Unidade Delmiro Gouveia - Campus do Sertão, Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Alagoas, Delmiro Gouveia, 2021. Disponível em: <https://www.repositorio.ufal.br/handle/123456789/8024>. Acesso em: 04 out. 2023.

SANTOS, Ayrton Hugo de Andrade. Estudo comparativo das propriedades mecânicas do concreto produzido com água tratada magneticamente. 2006. 154 f. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Minas Gerais, 2006. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1843/LMCA-75WHNU>. Acesso em: 21 out. 2023.

SILVA, José Eriel Gomes da. Análise da geração de resíduos sólidos em empresas de pré-moldados da cidade de Campina Grande-PB. 2023. 32 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Técnico em Edificações Integrado ao Ensino Médio), Instituto Federal da Paraíba, Campina Grande, 2023.

SILVEIRA, Pedro Lucas Nunes da. Propriedades químicas das águas utilizadas para amassamento de concreto na construção civil: estudo de casos no município de Algodão de Jandaíra – PB. 2023. 44 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Construção de Edifícios), Instituto Federal da Paraíba, Campina Grande, 2023.

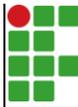
SOUZA, Jonatã Gomes de. Análise da condição da água e poços da cidade de Araruna-PB, utilizada como água de amassamento na produção de concreto e argamassa. 2018. 31 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil)- Universidade Estadual da

Paraíba, Araruna, 2018. Disponível em:
<http://dspace.bc.uepb.edu.br/jspui/handle/123456789/18687>. Acesso em: 07 nov. 2023.

ULLMANN, Douglas Augusto. Avaliação de diferentes sistemas de cura térmica de concreto para aplicação em pré-moldados. 2018. 111 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade do Vale do Taquari - Univates, Lajeado, 2018. Disponível em:
<http://hdl.handle.net/10737/2334>. Acesso em: 21 out. 2023.

VASCONCELOS, Augusto Carlos de. O Concreto no Brasil: pré-fabricação, monumentos, fundações. Volume III. Studio Nobel. São Paulo, 2002.

VASCONCELOS, Mickaelon Belchior; CAJAZEIRAS, Claudio Cesar de Aguiar; SOUSA, Rafael Rolim de. Aplicação da condutividade elétrica da água nos estudos hidrogeológicos da região Nordeste do Brasil. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 23., 2019, Foz do Iguaçu. Anais, 2019. Disponível em:
<https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/21644?mode=full>. Acesso em: 29 set. 2023.

	INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA
	Campus Campina Grande
	R. Tranquílino Coelho Lemos, 671, Dinamérica, CEP 58432-300, Campina Grande (PB)
	CNPJ: 10.783.898/0003-37 - Telefone: (83) 2102.6200

Documento Digitalizado Ostensivo (Público)

TCC

Assunto:	TCC
Assinado por:	Paula Alves
Tipo do Documento:	Dissertação
Situação:	Finalizado
Nível de Acesso:	Ostensivo (Público)
Tipo do Conferência:	Cópia Simples

Documento assinado eletronicamente por:

- Paula Estefany Pequeno do Nascimento Alves, ALUNO (201821220020) DE TECNOLOGIA EM CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS - CAMPINA GRANDE, em 18/02/2024 21:54:16.

Este documento foi armazenado no SUAP em 18/02/2024. Para comprovar sua integridade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifpb.edu.br/verificar-documento-externo/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 1084811
Código de Autenticação: 23aa06a25f

