

QUALIDADE DA ÁGUA PARA AMASSAMENTO DE CONCRETO: UM FATOR DETERMINANTE PARA O DESEMPENHO E DURABILIDADE DAS ESTRUTURAS

WATER QUALITY FOR CONCRETE MIXING: A DETERMINING FACTOR FOR THE PERFORMANCE AND DURABILITY OF STRUCTURES

CALIDAD DEL AGUA PARA EL AMASADO DEL CONCRETO: UN FACTOR DETERMINANTE PARA EL DESEMPEÑO Y LA DURABILIDAD DE LAS ESTRUCTURAS

Gabriel da Cruz Gomes Linhares¹
Juliana Carlos da Luz²
Annamaria Faria de Carvalho Loureiro³

RESUMO: A durabilidade das estruturas de concreto armado está diretamente relacionada à qualidade dos materiais empregados e às condições de exposição ao longo da vida útil da estrutura. Nesse contexto, a água possui papel fundamental tanto na hidratação do cimento quanto nos mecanismos de deterioração do concreto, podendo atuar como meio de transporte de agentes agressivos responsáveis pelo surgimento de manifestações patológicas. O presente trabalho teve como objetivo analisar a influência da água na durabilidade do concreto armado, com enfoque nas patologias associadas à presença de substâncias deletérias. Para isso, realizou-se uma pesquisa bibliográfica de natureza qualitativa, baseada na análise de livros, artigos científicos e normas técnicas relacionadas à tecnologia do concreto e ao controle da qualidade da água de amassamento. Foram abordados mecanismos de deterioração como corrosão das armaduras, ataque de cloretos, ataque de sulfatos, lixiviação e reação álcali-agregado, além da importância da ABNT NBR 15900-1-1 no controle da qualidade da água utilizada na produção do concreto. Os resultados demonstraram que o uso de água inadequada pode comprometer a resistência, a durabilidade e a vida útil das estruturas de concreto armado.

Palavras-chave: Concreto armado. Durabilidade. Água de amassamento. Corrosão.

ABSTRACT: The durability of reinforced concrete structures is directly related to the quality of the materials used and the exposure conditions throughout the service life of the structure. In this context, water plays a fundamental role both in the cement hydration process and in the concrete deterioration mechanisms, acting as a transport medium for aggressive agents responsible for pathological manifestations. This study aimed to analyze the influence of water on the durability of reinforced concrete, focusing on pathologies associated with the presence of deleterious substances. Therefore, a qualitative bibliographic research was carried out based on books, scientific articles, and technical standards related to concrete technology and mixing water quality control. Deterioration mechanisms such as reinforcement corrosion, chloride attack, sulfate attack, leaching, and alkali-aggregate reaction were addressed, in addition to the importance of ABNT NBR 15900-1-1 in controlling the quality parameters of water used in concrete production. The results showed that the use of unsuitable water may compromise the strength, durability, and service life of reinforced concrete structures.

Keywords: Reinforced concrete. Durability. Mixing water. Corrosion.

¹Graduando em Engenharia Civil, Centro Universitário Santo Agostinho.

²Graduanda em Engenharia Civil, Centro Universitário Santo Agostinho.

³Docente do curso de Engenharia Civil do UNIFSA, Doutoranda em Ciência e Engenharia dos Materiais – UFPI. Docente do curso de Engenharia Civil – UESPI, Docente do curso de técnico de Saneamento Básico – IFPI.

RESUMEN: La durabilidad de las estructuras de hormigón armado está directamente relacionada con la calidad de los materiales empleados y las condiciones de exposición a lo largo de la vida útil de la estructura. En este contexto, el agua desempeña un papel fundamental tanto en el proceso de hidratación del cemento como en los mecanismos de deterioro del hormigón, pudiendo actuar como medio de transporte de agentes agresivos responsables de manifestaciones patológicas. El presente trabajo tuvo como objetivo analizar la influencia del agua en la durabilidad del hormigón armado, con énfasis en las patologías asociadas a la presencia de sustancias deletéreas. Para ello, se realizó una investigación bibliográfica de carácter cualitativo, basada en el análisis de libros, artículos científicos y normas técnicas relacionadas con la tecnología del hormigón y el control de la calidad del agua de amasado. Se abordaron mecanismos de deterioro como corrosión de armaduras, ataque de cloruros, ataque de sulfatos, lixiviación y reacción álcali-agregado, además de la importancia de la ABNT NBR 15900-1-1 en el control de los parámetros de calidad del agua utilizada en la producción del hormigón. Los resultados demostraron que el uso de agua inadecuada puede comprometer la resistencia, la durabilidad y la vida útil de las estructuras de hormigón armado.

Palabras clave: Hormigón armado. Durabilidad. Agua de amasado. Corrosión.

1. INTRODUÇÃO

O concreto é um dos materiais mais utilizados na construção civil, sendo amplamente empregado em edificações, obras de infraestrutura e diversos elementos estruturais devido à sua elevada resistência à compressão, durabilidade e versatilidade de aplicação. Essas características fazem com que o material desempenhe papel fundamental no desenvolvimento das cidades e na execução de obras de grande importância para a sociedade. Entre os componentes que formam o concreto, destaca-se a água, que participa do processo de hidratação do cimento e influencia diretamente o desempenho do material (LIMA; GOMES, 2022).

A durabilidade das estruturas de concreto pode ser influenciada por fatores ambientais ao longo de sua vida útil. Entre esses fatores, a água pode atuar como agente externo capaz de transportar substâncias químicas que favorecem processos de deterioração, como fissuração, lixiviação e corrosão das armaduras. Além disso, a presença de agentes agressivos associados à umidade contribui para a aceleração dos processos corrosivos no concreto armado (ANDRADE, 2020). Dessa forma, a qualidade da água no meio externo deve ser considerada na avaliação da vida útil das estruturas de concreto (SILVA et al., 2024).

Além disso, estudos indicam que a qualidade da água utilizada no amassamento do concreto pode influenciar diretamente suas propriedades mecânicas. Em um estudo de caso que analisou concretos produzidos com diferentes fontes de água, observou-se que a presença de impurezas pode interferir no processo de hidratação do cimento. Como consequência, verificou-

se redução na resistência à compressão quando comparado ao concreto produzido com água potável. Dessa forma, o controle da qualidade da água torna-se fundamental para garantir o desempenho adequado das estruturas (CHANDNE; SHIRGIRE, 2021).

Dessa forma, a análise da água utilizada na produção do concreto torna-se essencial para garantir a qualidade e o desempenho das estruturas. A avaliação de suas características físico-químicas possibilita identificar substâncias que possam interferir no processo de hidratação do cimento ou favorecer mecanismos de deterioração do material ao longo do tempo. Nesse sentido, a ABNT NBR 15900-1 estabelece critérios e limites para substâncias potencialmente agressivas presentes na água destinada ao amassamento do concreto.

Considerando a influência da água nas propriedades do concreto, o presente estudo tem como objetivo avaliar a conformidade da água subterrânea utilizada na produção do concreto em relação aos parâmetros de cloretos e sulfatos estabelecidos pela ABNT NBR 15900-1.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Patologias no Concreto Armado Provenientes da Ação da Água

A água é um dos principais agentes responsáveis pela deterioração das estruturas de concreto armado, atuando tanto como meio de transporte de substâncias agressivas quanto como agente participante de reações físico-químicas no interior do material. Sua presença influencia significativamente a durabilidade das estruturas, podendo acelerar mecanismos de degradação quando associada a condições ambientais desfavoráveis, elevada permeabilidade e falhas construtivas, favorecendo o desenvolvimento de manifestações patológicas ao longo da vida útil da estrutura (SILVA et al., 2024).

Nesse contexto, a penetração de água no concreto ocorre principalmente por meio de poros, microfissuras e falhas de execução, sendo fortemente influenciada pela relação água/cimento, pelo grau de adensamento e pelas condições de cura. Concretos com maior permeabilidade apresentam maior suscetibilidade à infiltração e ao transporte de íons agressivos, favorecendo o ingresso de agentes deletérios dissolvidos na água e comprometendo a durabilidade das estruturas de concreto armado (CHIARADIA et al., 2024).

Como consequência desse processo, destaca-se a corrosão das armaduras, na qual a água atua como eletrólito, permitindo a ocorrência de reações eletroquímicas no aço. A presença simultânea de umidade e oxigênio favorece a formação de produtos de corrosão expansivos,

capazes de gerar tensões internas que provocam fissuração, destacamento do revestimento e redução da durabilidade das estruturas de concreto armado (MARTINS; SILVA, 2023).

Além disso, a lixiviação configura-se como um mecanismo relevante de deterioração, caracterizado pela dissolução de compostos hidratados do cimento, principalmente o hidróxido de cálcio, em função da percolação de água através da matriz cimentícia. Esse fenômeno contribui para o aumento da porosidade, redução da resistência mecânica e formação de depósitos superficiais, como eflorescências, comprometendo a durabilidade das estruturas de concreto armado (DOS SANTOS et al., 2019).

Figura 1 - Lixiviação no Concreto armado



Fonte: Votorantim Cimentos (2017).

Paralelamente, a presença de água é fundamental para o desenvolvimento da reação álcali-agregado (RAA), uma vez que a umidade possibilita a expansão dos gases formados na reação entre álcalis do cimento e agregados reativos. Essa expansão gera fissuração interna progressiva, comprometendo a integridade estrutural ao longo do tempo (FRARE et al., 2023).

Figura 2 - Estrutura comprometida por reação álcali-agregado



Fonte: Blog do Professor Edson (2016).

De forma complementar, observa-se o ataque por sulfatos, frequentemente associado à água contaminada, no qual íons sulfato reagem com compostos hidratados do cimento, formando produtos expansivos como a etringita. Esse mecanismo provoca expansão, fissuração e perda de resistência do concreto, sendo recorrente em ambientes com solos ou águas agressivas (BONIFÁCIO et al., 2022).

5

Figura 3 - Pilar degradado pela ação de íons de sulfato



Fonte: MAZER et al. (2015).

Adicionalmente, destaca-se o ataque de cloretos, no qual íons cloreto dissolvidos na água penetram no concreto e atingem as armaduras, rompendo a camada passivadora formada no aço em meio alcalino. Esse processo pode ocorrer mesmo em concretos aparentemente íntegros, sendo intensificado pela elevada permeabilidade, presença de fissuras e baixos cobrimentos, favorecendo corrosão localizada, fissuração e destacamento do concreto ao redor das armaduras (DOS SANTOS BANDEIRA et al., 2024).

Figura 4 - Estrutura de concreto com ataque de íon cloreto



Fonte: Cimento Itambé (2012).

Por fim, destaca-se que nem todas as patologias do concreto armado possuem relação direta com a água utilizada no amassamento, sendo necessário diferenciar seus mecanismos de ocorrência. Processos como o ataque de cloretos e o ataque por sulfatos podem ter origem direta na água quando esta apresenta íons agressivos dissolvidos, sendo capazes de desencadear corrosão das armaduras e expansões internas. Em contrapartida, manifestações como a corrosão das armaduras (Fonte: Cimento Itambé (2012)) e a lixiviação estão associadas de forma indireta, uma vez que dependem principalmente da presença de água no estado endurecido, que atua como meio de transporte de agentes agressivos e como eletrólito. Dessa forma, tais

condições favorecem o aumento da permeabilidade, a fissuração e o desenvolvimento progressivo de mecanismos de degradação ao longo do tempo (SILVA et al., 2024).

2.2 Ataque de Cloretos em Estruturas de Concreto Armado

O ataque de cloretos é considerado uma das principais patologias que comprometem a durabilidade das estruturas de concreto armado. Esse fenômeno ocorre quando íons cloreto penetram no concreto e atingem as armaduras metálicas, provocando a destruição da camada passivadora que protege o aço contra a corrosão. Como consequência, inicia-se um processo corrosivo que reduz a resistência estrutural e compromete a segurança das edificações ao longo do tempo (BANDEIRA, 2024).

Figura 5 - Corrosão das armaduras causada por ataque de cloretos.



Fonte: Compração, 2024. Acesso em: 12 maio 2026.

Os cloretos podem ingressar no concreto por diferentes meios, como utilização de água contaminada no amassamento, agregados com impurezas salinas, contato com ambientes marinhos e exposição a agentes químicos agressivos. A presença excessiva desses sais acelera o processo de deterioração do concreto armado, especialmente em regiões litorâneas ou industriais, onde há maior concentração de partículas salinas dispersas no ambiente (BANDEIRA, 2024).

A corrosão das armaduras decorrente do ataque de cloretos provoca expansão volumétrica do aço devido à formação de produtos corrosivos. Esse aumento de volume gera tensões internas no concreto, ocasionando fissuras, trincas e desprendimento do revestimento.

Com o avanço da deterioração, ocorre perda da aderência entre o aço e o concreto, reduzindo significativamente a capacidade resistente da estrutura (ANDRADE, 2020).

A qualidade da água utilizada no amassamento do concreto possui influência direta na prevenção dessa patologia. Águas com elevadas concentrações de cloretos podem introduzir sais nocivos na mistura ainda durante a produção do concreto, favorecendo o início precoce da corrosão das armaduras. Por esse motivo, as normas técnicas estabelecem limites rigorosos para substâncias químicas presentes na água destinada à fabricação do concreto (ALMEIDA et al., 2024).

As estruturas localizadas em ambientes marinhos estão entre as mais vulneráveis ao ataque de cloretos devido à ação constante da maresia e da umidade. Nesses locais, partículas salinas presentes no ar depositam-se sobre a superfície do concreto e penetram gradualmente pelos poros e fissuras existentes. Esse processo é intensificado pela elevada umidade relativa e pelas variações de temperatura características das regiões costeiras (VIDAL et al., 2022).

Entre as principais medidas preventivas contra o ataque de cloretos destacam-se a utilização de materiais de boa qualidade, a redução da permeabilidade do concreto e o controle adequado da relação água/cimento. Além disso, o uso de aditivos impermeabilizantes e a adoção de revestimento adequado das armaduras contribuem para dificultar a entrada de agentes agressivos e aumentar a vida útil das estruturas (OLIVEIRA et al., 2021).

A realização de inspeções periódicas e manutenções preventivas é fundamental para identificar precocemente sinais de corrosão e deterioração estrutural. Técnicas de recuperação, como remoção do concreto contaminado, tratamento das armaduras corroídas e aplicação de revestimentos protetores, são amplamente utilizadas para restaurar estruturas afetadas pelo ataque de cloretos. Essas intervenções contribuem para prolongar a durabilidade e garantir maior segurança às edificações (OLIVEIRA et al., 2021).

Dessa forma, o ataque de cloretos representa uma das patologias mais relevantes no estudo da vida útil da estrutura, principalmente quando associado ao uso inadequado de materiais e à exposição a ambientes agressivos. O controle da qualidade da água utilizada no concreto torna-se essencial para evitar a introdução excessiva de sais no concreto, contribuindo para a segurança, a resistência e a longevidade das estruturas ao longo do tempo (ALMEIDA et al., 2024).

2.3 Ataque de Sulfatos no Concreto Armado

O ataque de sulfatos consiste em um processo de deterioração química do concreto provocado pela reação entre íons sulfato (SO_4^{2-}) e os compostos hidratados do cimento Portland. Essa reação resulta na formação de produtos expansivos, como a etringita secundária e o gesso, que geram tensões internas capazes de causar fissuração, expansão e perda progressiva da resistência mecânica do concreto (BONIFÁCIO et al., 2022).

Nesse contexto, os sulfatos podem estar presentes em diferentes meios agressivos, como solos contaminados, águas subterrâneas, esgotos, ambientes marinhos e resíduos industriais. Além disso, esses compostos também podem ser introduzidos na estrutura por meio da água utilizada no amassamento do concreto, caso esta não atenda aos requisitos de qualidade estabelecidos pelas normas técnicas (ALMEIDA et al., 2024).

Figura 6 - Manifestação patológica provocada por ataque de sulfatos em estrutura de concreto armado exposta à água contaminada.



Fonte: CivilBlog (2015).

Além disso, a água empregada na mistura exerce influência significativa na conservação estrutural, uma vez que a presença excessiva de sulfatos pode introduzir agentes agressivos diretamente na matriz cimentícia ainda no estado fresco. Quando utilizados materiais contaminados, o concreto pode apresentar alterações nas reações de hidratação do cimento e maior suscetibilidade ao desenvolvimento de manifestações patológicas ao longo do tempo (SILVA et al., 2024).

Como consequência desse mecanismo, as estruturas submetidas ao ataque de sulfatos frequentemente apresentam expansão interna, fissuração generalizada, desagregação superficial e aumento da permeabilidade. Tais manifestações favorecem a entrada de água e outros agentes

deletérios, intensificando progressivamente o processo de deterioração estrutural (SOUZA et al., 2023).

Paralelamente, o ataque de sulfatos pode comprometer a aderência entre o concreto e as armaduras, reduzindo a capacidade resistente da estrutura e acelerando outros mecanismos de degradação, como a corrosão do aço. Em situações severas, observa-se perda significativa da integridade estrutural e necessidade de intervenções corretivas complexas (SOUZA et al., 2023).

Dessa forma, a prevenção do ataque de sulfatos depende diretamente do controle tecnológico do concreto e da escolha adequada dos materiais empregados. Entre as principais medidas preventivas destacam-se a utilização de cimento resistente a sulfatos, redução da relação água/cimento, adequada execução da cura e controle da permeabilidade do concreto (FERREIRA et al., 2021).

Adicionalmente, o controle da qualidade da água utilizada na produção do concreto é fundamental para evitar a introdução de substâncias agressivas na mistura. A ABNT NBR 15900-1-1 estabelece limites para compostos potencialmente deletérios, visando garantir o desempenho e a durabilidade das estruturas de concreto armado.

Por fim, quando o ataque de sulfatos já está instalado, os métodos de tratamento incluem a remoção das regiões deterioradas, recomposição das áreas afetadas com materiais compatíveis e aplicação de barreiras protetoras que reduzam a penetração de água e agentes agressivos. Em casos mais críticos, pode ser necessária a substituição parcial dos elementos comprometidos para garantir a segurança e a estabilidade estrutural (MARTINS et al., 2022).

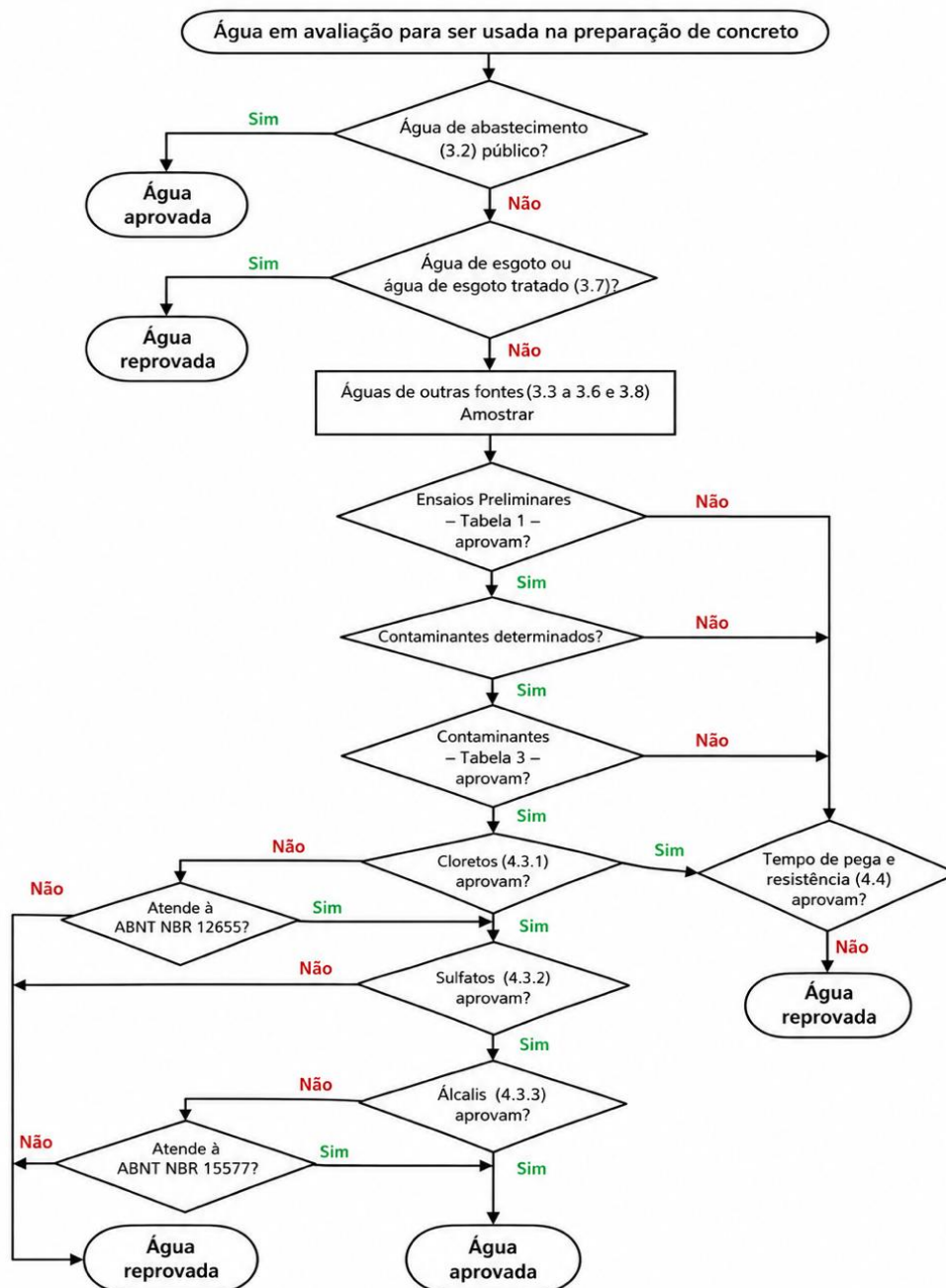
2.4 ABNT NBR 15900-1 e os Parâmetros de Qualidade da Água para concreto

A ABNT NBR 15900-1-1 estabelece os critérios técnicos para aceitação da água utilizada no amassamento do concreto, visando garantir que suas propriedades não comprometam o desempenho mecânico, a durabilidade e a integridade das estruturas de concreto armado. A norma determina que a água utilizada deve atender requisitos físicos, químicos e de desempenho, podendo ser empregadas águas potáveis, subterrâneas, superficiais, industriais e até recuperadas de processos de preparo do concreto, desde que submetidas aos critérios estabelecidos pela própria norma.

A ABNT NBR 15900-1-1 estabelece os critérios técnicos para aceitação da água destinada ao amassamento do concreto, definindo limites para substâncias potencialmente deletérias e procedimentos de avaliação da qualidade da água, com o objetivo de evitar prejuízos às

propriedades mecânicas, à durabilidade e ao desempenho das estruturas de concreto armado (ABNT NBR 15900-1-1, 2009).

Figura 7 - Fluxograma de aceitação da água para amassamento do concreto



Fonte: Adaptada da ABNT NBR 15900-1-1, 2009.

Quadro 1 – Requisitos e procedimentos de ensaio para inspeção preliminar de água destinada

Parâmetro	Requisito	Procedimento de ensaio
Óleos e gorduras	Não mais do que traços visíveis	ABNT NBR 15900-3
Detergentes	Qualquer espuma deve desaparecer em 2 min	
Cor	A cor deve ser comparada qualitativamente com água potável devendo ser amarelo claro a incolor, exceto para a água classificada em 3.3	
Material sólido	Máximo de 50 000 mg/L	Para água de fontes classificadas em 3.3, utilizar a metodologia do Anexo A ou ABNT NBR 15900-3. Para os demais tipos de água aplica-se o Projeto ABNT NBR 15900-3
Odor	Água de fontes classificadas em 3.3 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 clorídrico	ABNT NBR 15900-3
	Água de outras fontes deve ser inodora e sem odor de sulfeto de hidrogênio, após a adição de ácido clorídrico	
Ácidos	pH ≥ 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 15900-1-1, 2009.

Além disso, a NBR 15900 dedica atenção especial aos parâmetros químicos associados à comportamento do concreto ao longo do tempo. Em relação aos cloretos, a norma estabelece limites máximos variáveis conforme o tipo de concreto utilizado. Para concreto protendido ou graute, o teor máximo permitido é de 500 mg/L; para concreto armado, 1 000 mg/L; e para concreto simples sem armadura, 4 500 mg/L. Esses limites têm como principal objetivo reduzir o risco de corrosão das armaduras provocado pela presença excessiva de íons cloreto.

Tabela 1 - Teor máximo de cloreto em água para amassamento

Uso Final	Teor máximo de Cloreto mg/L	Procedimento de ensaio
Concreto protendido ou graute	500	ABNT NBR 15900-6
Concreto armado	1000	
Concreto simples (sem armadura)	4500	

Fonte: Adaptado da ABNT NBR 15900-1-1, 2009.

Paralelamente, a norma também estabelece controle rigoroso para os sulfatos presentes na água, limitando sua concentração máxima a 2 000 mg/L. O controle desse parâmetro é fundamental devido à capacidade dos sulfatos reagirem com compostos hidratados do cimento, favorecendo reações expansivas capazes de comprometer o concreto ao longo do tempo.

Adicionalmente, a norma limita o teor de álcalis presentes na água a 1 500 mg/L, especialmente em concretos produzidos com agregados potencialmente reativos. Esse controle busca minimizar a ocorrência da reação álcali-agregado (RAA), manifestação patológica expansiva que pode comprometer significativamente a durabilidade da estrutura.

Da mesma forma, a NBR 15900 estabelece limites máximos para substâncias consideradas prejudiciais ao concreto, como açúcares, fosfatos, nitratos, chumbo e zinco. Segundo a Tabela 3 da norma, concentrações elevadas desses compostos podem alterar o tempo de pega do cimento e reduzir a resistência mecânica do concreto, comprometendo sua estabilidade estrutural.

Tabela 2 - Requisitos para substâncias prejudiciais

Substância	Teor Máximo mg/L
Açúcares	100
Fosfatos, expressos como P ₂ O ₅	100
Nitratos, expressos como NO ₃ ⁻	500
Chumbo, expresso como Pb ²⁺	100
Zinco, expresso como Zn ²⁺	100

Fonte: Adaptado da ABNT NBR 15900-1-1, 2009.

Além disso, a norma prevê que águas consideradas não potáveis somente podem ser utilizadas após comprovação experimental de desempenho satisfatório. Para isso, são realizados ensaios comparativos de tempo de pega e resistência à compressão utilizando amostras preparadas com água em análise e água destilada ou deionizada. Os resultados obtidos devem apresentar resistência mínima correspondente a 90 % da resistência obtida com água de referência.

Por fim, a NBR 15900 também regulamenta o uso de água recuperada de processos de preparo do concreto, desde que sejam respeitados critérios relacionados ao teor de sólidos, armazenamento, distribuição uniforme e monitoramento constante da qualidade da água. Dessa maneira, a norma desempenha papel fundamental no controle de qualidade do concreto, contribuindo diretamente para a prevenção de patologias e para o aumento da durabilidade das estruturas de concreto armado.

2.5 Medidas Preventivas

A prevenção de patologias relacionadas à ação da água no concreto armado depende diretamente no monitoramento dos materiais utilizados, especialmente da qualidade da água empregada no amassamento do concreto. A utilização de água contaminada por substâncias agressivas pode comprometer o processo de hidratação do cimento, alterar propriedades do concreto no estado fresco e endurecido e favorecer mecanismos de deterioração ao longo da vida útil da estrutura. Dessa forma, torna-se fundamental a realização de análises laboratoriais capazes de verificar a conformidade da água com os parâmetros estabelecidos pelas normas técnicas (ABNT NBR 15900-1-1, 2009).

Nesse contexto, a ABNT NBR 15900-1-1 estabelece critérios físicos, químicos e mecânicos para aceitação da água utilizada na produção do concreto. A norma determina que águas não potáveis ou provenientes de fontes alternativas devem ser submetidas a ensaios laboratoriais específicos, visando identificar substâncias potencialmente prejudiciais ao desempenho e à integridade estrutural.

Entre as principais análises laboratoriais realizadas, destaca-se o ensaio de determinação do teor de cloretos, executado conforme a ABNT NBR 15900-1-6. Esse ensaio possui grande importância devido à elevada capacidade dos íons cloreto de romperem a camada passivadora das armaduras, favorecendo processos corrosivos. A NBR 15900 estabelece limite máximo de 1 000 mg/L de cloretos para concreto armado, visando reduzir o risco de corrosão precoce das armaduras e aumento da deterioração estrutural.

Paralelamente, também é realizada a análise de sulfatos presentes na água, conforme os procedimentos da ABNT NBR 15900-1-7. O controle desse parâmetro é fundamental devido à possibilidade de ocorrência do ataque de sulfatos, mecanismo químico responsável pela formação de compostos expansivos no interior do concreto. Segundo a norma, a concentração máxima permitida de sulfatos na água de amassamento é de 2 000 mg/L, limite estabelecido para minimizar riscos de fissuração, expansão interna e desagregação do concreto.

Além disso, são executadas análises relacionadas ao potencial hidrogeniônico (pH), presença de materiais sólidos, álcalis, açúcares, fosfatos, nitratos e metais dissolvidos, como chumbo e zinco. Esses parâmetros são importantes porque determinadas substâncias podem alterar o tempo de pega do cimento, reduzir a resistência mecânica e aumentar a permeabilidade do concreto, comprometendo sua durabilidade.

Adicionalmente, a norma prevê ensaios comparativos de resistência à compressão e tempo de pega quando houver dúvidas quanto à qualidade da água analisada. Nesses ensaios, amostras produzidas com a água em estudo são comparadas a amostras preparadas com água destilada ou deionizada, devendo atingir desempenho mínimo estabelecido pela norma para aprovação do uso da água no concreto.

Dessa maneira, as análises laboratoriais da água representam importante ferramenta preventiva para o controle da durabilidade das estruturas de concreto armado. A identificação antecipada de substâncias agressivas permite evitar manifestações patológicas como corrosão das armaduras, ataque de sulfatos, lixiviação e redução da resistência mecânica do concreto, contribuindo para maior segurança, desempenho e vida útil das estruturas.

3. METODOLOGIA

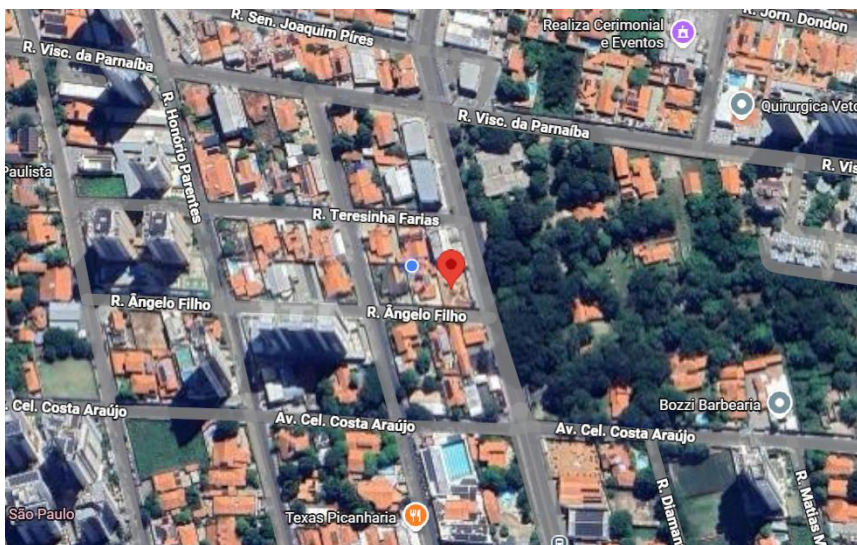
A presente pesquisa caracteriza-se como um estudo de natureza qualitativa e quantitativa, desenvolvido por meio de revisão bibliográfica associada à realização de análises laboratoriais da água utilizada para amassamento do concreto. O estudo teve como objetivo avaliar os parâmetros de qualidade da água e verificar sua conformidade com os limites estabelecidos pela ABNT NBR 15900-1-1, correlacionando os resultados obtidos com os possíveis impactos na durabilidade do concreto armado.

15

3.1 Caracterização da área de estudo

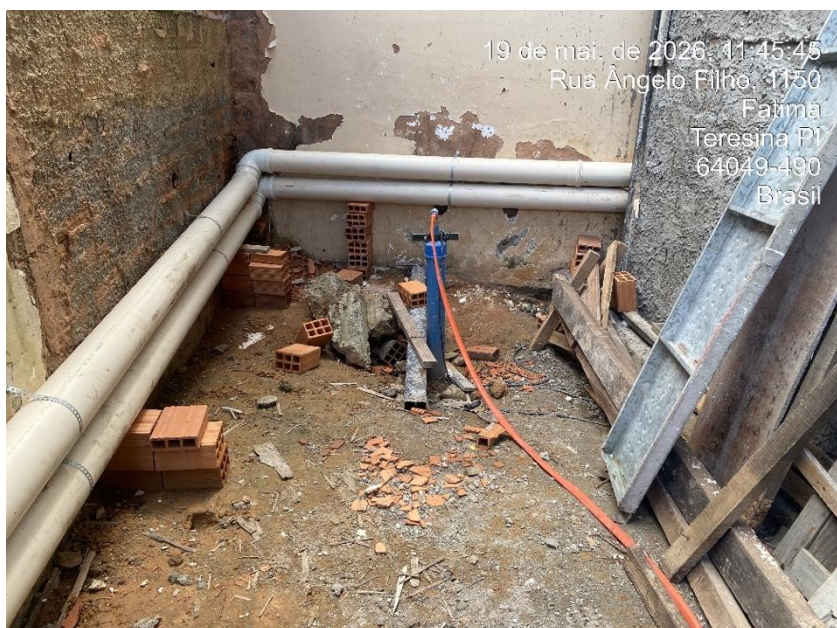
A pesquisa foi desenvolvida a partir da coleta e análise de amostras de água utilizadas na obra Smart Homero localizada na rua Ângelo Filho, 1150, Bairro Horto na cidade de Teresina. A edificação analisada encontra-se em fase de execução, sendo que apenas os elementos de fundação foram executados em concreto armado, utilizando-se da água de um poço nas etapas de produção do concreto da obra.

Figura 8 – Rua Ângelo Filho, 1150, Horto



Fonte: Google Maps, 2026.

Figura 9 - Poço utilizado para a coleta da amostra



Fonte: Acervo dos autores (2026).

A água utilizada na construção é proveniente de um poço localizado no interior da própria obra, situada em uma região residencial, condição que pode influenciar a composição físico-química da água subterrânea em função das características do solo e das atividades

desenvolvidas no entorno. Dessa forma, tornou-se necessária a realização de análises laboratoriais para verificar sua conformidade com os parâmetros estabelecidos pela ABNT NBR 15900-1.

3.2 Coleta da Água

Inicialmente, foi realizada a coleta de amostras de água destinadas à utilização em concreto, buscando representar as condições reais de utilização em obra. Para garantir a confiabilidade das análises laboratoriais, foram seguidas as orientações fornecidas pelo Laboratório Alyacqua, localizado na Avenida Miguel Rosa, 4386, Teresina, Piauí, responsável pelos ensaios realizados na pesquisa.

Posteriormente, realizou-se o descarte prévio da água da tubulação, visando minimizar possíveis interferências nas análises laboratoriais. Em seguida, foi realizada a higienização do ponto de coleta para evitar contaminações externas.

Na sequência, após os procedimentos de limpeza, a amostra foi coletada e armazenada em frasco autoclavável apropriado para procedimentos laboratoriais. O recipiente utilizado foi devidamente identificado com informações referentes ao local da coleta, ponto de amostragem, horário e data da coleta, garantindo o correto rastreamento das amostras durante o processo de análise.

Por conseguinte, as amostras coletadas foram encaminhadas ao laboratório para realização das análises físico-químicas relacionadas aos teores de cloretos e sulfatos presentes na água, permitindo verificar sua conformidade com os parâmetros estabelecidos pela ABNT NBR 15900-1-1.

3.3 Determinação de Cloretos

A determinação do teor de cloretos presentes na água utilizada no amassamento do concreto foi realizada com base no método descrito por Jorge Antônio Barros de Macêdo, utilizando o processo de titulação com nitrato de prata (AgNO_3). O ensaio teve como objetivo identificar a concentração de íons cloreto (Cl^-) presentes na amostra de água, considerando a influência desses compostos na durabilidade do concreto armado e no desenvolvimento de processos corrosivos nas armaduras.

Inicialmente, foram utilizados os seguintes materiais laboratoriais: erlenmeyers de 250 mL, buretas de 25 ou 50 mL, suportes de bureta, funil, béqueres de 50 mL e provetas de 100 mL. Como reagentes, empregou-se solução de nitrato de prata 0,01 N, solução de cromato de potássio a 5 % e carbonato de cálcio. Esses reagentes foram utilizados para promover a reação química necessária à identificação da presença de cloretos na amostra analisada (MACÊDO, 2005).

Posteriormente, o procedimento experimental consistiu na adição de 100 mL da amostra de água em erlenmeyer de 250 mL, seguida da inserção de uma pequena quantidade de carbonato de cálcio e de quatro a cinco gotas de cromato de potássio. Em paralelo, foi preparada uma prova em branco utilizando água destilada, com a finalidade de melhorar a visualização do ponto final da titulação e corrigir possíveis interferências durante o ensaio (MACÊDO, 2005).

Após a titulação, a concentração de cloretos foi obtida por meio da diferença entre o volume de nitrato de prata consumido na amostra e o valor correspondente ao branco analítico. Em seguida, o resultado foi multiplicado pelo fator de conversão utilizado no procedimento laboratorial, conforme apresentado na Equação 1:

$$Cl^{-} = (V - 1,4) \times 10 \quad 1$$

Onde:

Cl^{-} = concentração de cloretos na amostra (mg/L);

V = volume de nitrato de prata consumido na titulação da amostra (mL);

1,4 = valor correspondente à correção do branco analítico;

10 = fator de conversão adotado pelo laboratório.

O procedimento foi executado conforme a metodologia empregada pelo laboratório responsável pelas análises.

3.4 Determinação de Sulfatos

A determinação da concentração de sulfatos presentes na água utilizada no amassamento do concreto foi realizada no Laboratório Alyaqua por meio do método de espectrofotometria, conforme Procedimento Operacional Padrão (POP) do laboratório. O ensaio teve como objetivo quantificar os íons sulfato (SO_4^{2-}) presentes nas amostras analisadas.

Inicialmente, o espectrofotômetro foi ajustado para leitura de absorvância em comprimento de onda de 450 nm. Em seguida, realizou-se a montagem da curva de calibração utilizando solução padrão contendo sulfato e diluições seriadas, permitindo determinar o fator de conversão utilizado nos cálculos da concentração.

Posteriormente, adicionou-se 10 mL da amostra em tubo de ensaio juntamente com o reagente identificador de sulfato. Após o preparo, a amostra foi inserida no espectrofotômetro para obtenção do valor de absorvância.

Dessa forma, a concentração de sulfato foi obtida a partir da relação entre o valor de absorvância da amostra e o fator determinado na curva de calibração, sendo os resultados expressos em mg/L.

Por fim, os resultados obtidos foram comparados aos limites estabelecidos pela ABNT NBR 15900-1-1, que estabelece concentração máxima de 2 000 mg/L de sulfatos para utilização da água em concreto armado

3.5 Comparação com a NBR 15900

Após a realização das análises laboratoriais, os resultados referentes aos teores de cloretos e sulfatos foram comparados aos parâmetros estabelecidos pela ABNT NBR 15900-1-1. Essa comparação teve como objetivo verificar a conformidade da água analisada para utilização em concreto armado, considerando os limites normativos relacionados à durabilidade e prevenção de manifestações patológicas.

Paralelamente, foram considerados os possíveis impactos associados à presença excessiva dessas substâncias no concreto armado.

3.6 Análise dos Resultados

Os resultados obtidos nas análises laboratoriais foram interpretados com base na literatura técnica e nas exigências normativas relacionadas à vida útil das estruturas. A partir dos dados coletados, buscou-se correlacionar a qualidade da água analisada com os riscos potenciais de deterioração do concreto, considerando os mecanismos de transporte de agentes agressivos e o desenvolvimento de manifestações patológicas ao longo da vida útil da estrutura.

Por fim, os resultados permitiram avaliar a importância do controle da qualidade da água utilizada no concreto como medida preventiva para aumento da durabilidade das estruturas de

concreto armado, destacando a necessidade de atendimento aos parâmetros estabelecidos pelas normas técnicas vigentes.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Coleta da Água

A amostra foi coletada seguindo as recomendações do Laboratório Alyacqua:

Figura 10 - Amostra Coletada do Poço



Fonte: Acervo dos autores (2026).

4.2 Equipamentos utilizados nas análises

Determinação de cloretos:

Foram utilizadas as seguintes soluções:

Figura 11 - Solução indicadora de Cromato de Potássio – K_2CrO_4 (frasco branco), Solução reagente de Nitrato de Prata – $AgNO_3$ (frasco embalado com papel alumínio)



Fonte: Acervo dos autores (2026).

Determinação de Sulfatos

Foram utilizadas as seguintes soluções e equipamentos:

Figura 12 - Espectrofotômetro



Fonte: Acervo dos autores (2026).

Figura 13 - Sachê reagente para análise de sulfato.



Fonte: Acervo dos autores (2026).

4.3 Análise da concentração de cloretos

Medição de 50 mL da amostra na proveta volumétrica:

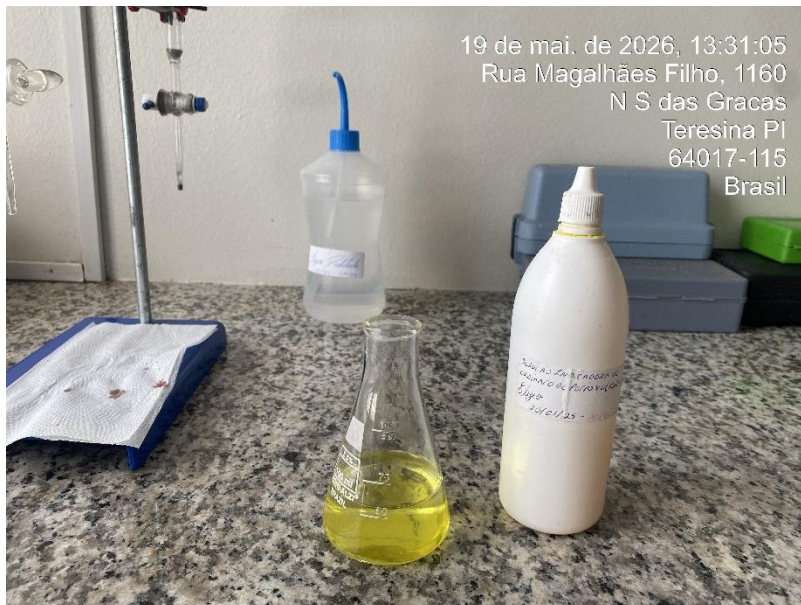
Figura 14 - Medição de 50 mL da amostra



Fonte: Acervo dos autores (2026).

Adição do indicador Cromato de Potássio:

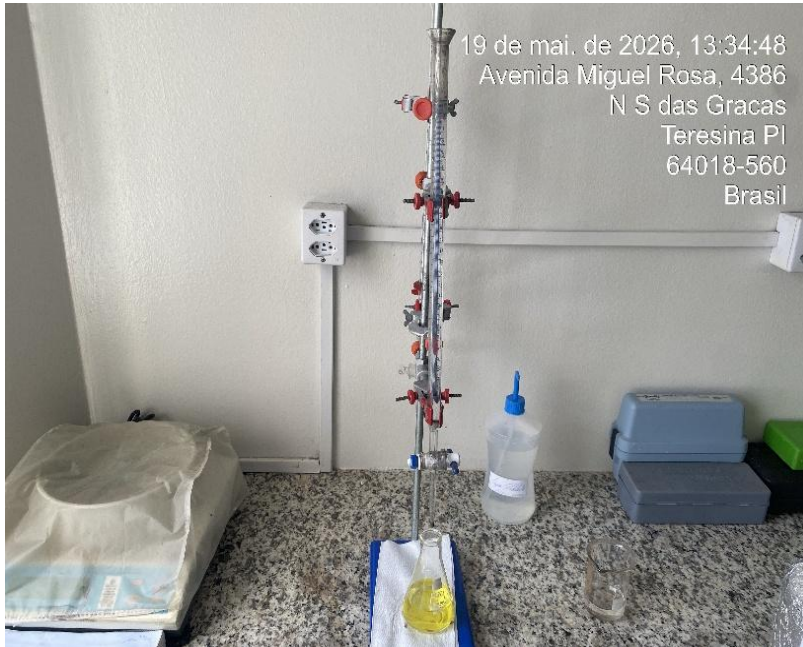
Figura 15 - Adição de Cromato de Potássio



Fonte: Acervo dos autores (2026).

Titulação da amostra com Nitrato de Prata:

Figura 16 - Amostra antes da titulação



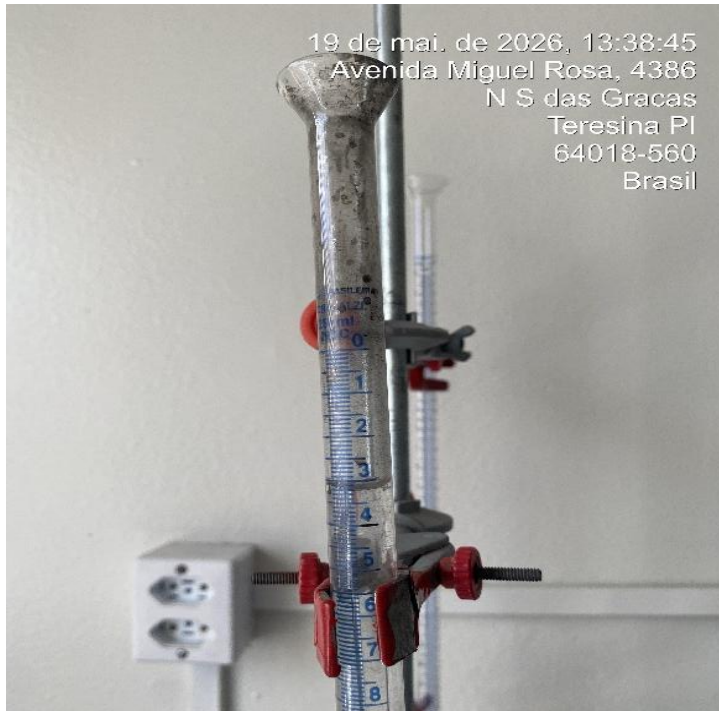
Fonte: Acervo dos autores (2026).

Figura 17 - Amostra após titulação



Fonte: Acervo dos autores (2026).

Figura 18 - Valor Titulado (3,6mL)



Fonte: Acervo dos autores (2026).

Após encontrar o valor titulado é necessário usá-lo na fórmula adotada pelo laboratório para encontrar a concentração de cloreto na amostra:

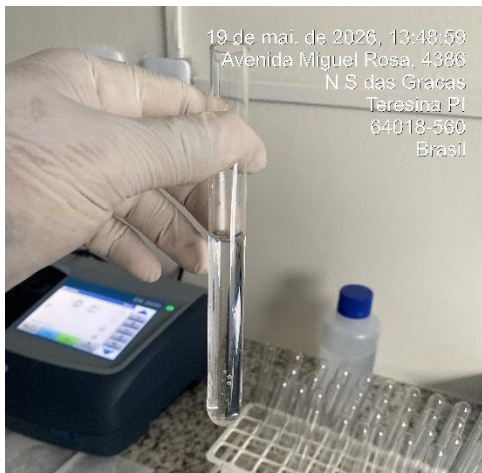
$$Cl^- = (3,6 - 1,4) \times 10 = 22,0 \text{ mg/L}$$

A baixa concentração de cloretos pode estar relacionada às características da água subterrânea utilizada na obra e às condições ambientais da região analisada, indicando reduzida contaminação por substâncias salinas no entorno do poço.

4.4 Análise da concentração de sulfatos

Adição do sachê reagente para análise de sulfato em 10mL da amostra em um tubo de ensaio:

Figura 19 – Amostra com sachê reagente para análise de sulfato



Fonte: Acervo dos autores (2026).

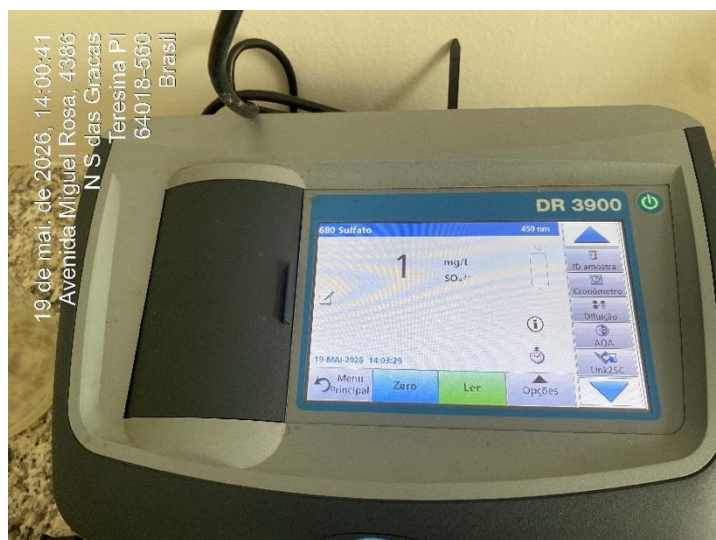
Cubeta de 10mL com amostra de água:

Figura 20 - Cubeta com 10mL da amostra com sachê reagente



Fonte: Acervo dos autores (2026).

Figura 21 - leitura do espectrofotômetro.



Fonte: Acervo dos autores (2026).

Os resultados obtidos para sulfatos apresentaram valores inferiores aos limites estabelecidos pela ABNT NBR 15900-1, indicando que a água analisada não apresenta potencial significativo para favorecer reações expansivas associadas ao ataque por sulfatos no concreto.

4.5 Resultados das análises da água

Após a realização das análises laboratoriais das amostras de água coletadas na obra, foram obtidos os resultados referentes aos parâmetros químicos avaliados, com destaque para as concentrações de cloretos e sulfatos. Os resultados foram comparados aos limites estabelecidos pela ABNT NBR 15900-1-1, visando verificar a adequação da água utilizada para produção de concreto armado.

Tabela 3 - Valores obtidos das Análises

Parâmetro	Resultado Obtido	Limite NBR 15900
Cloretos	22,0 mg/L	1000 mg/L
Sulfatos	1,0 mg/L	2000 mg/L

Fonte: Dados da Pesquisa (2026).

Conforme os resultados apresentados, as concentrações de cloretos e sulfatos encontradas nas amostras de água permaneceram significativamente abaixo dos limites estabelecidos pela ABNT NBR 15900-1. Esse resultado indica que a água analisada apresenta características adequadas para utilização no amassamento do concreto, não oferecendo riscos significativos ao desempenho e à durabilidade das estruturas. A baixa concentração de cloretos reduz a possibilidade de corrosão das armaduras, enquanto os baixos teores de sulfatos minimizam riscos de reações expansivas e fissuração do concreto. Dessa forma, os parâmetros analisados demonstram conformidade com os requisitos normativos para utilização da água na produção de concreto armado.

5. CONCLUSÃO

O presente estudo permitiu avaliar a qualidade da água subterrânea utilizada na produção do concreto, com base nos parâmetros de cloretos e sulfatos estabelecidos pela ABNT NBR 15900-1. Os resultados obtidos demonstraram que a água analisada apresentou concentrações inferiores aos limites normativos, indicando conformidade para utilização no amassamento do concreto e adequação para aplicação nas atividades executivas da obra.

Além disso, os ensaios realizados evidenciaram a importância da verificação físico-química da água utilizada na construção civil, especialmente quando proveniente de poços localizados em regiões residenciais, onde fatores relacionados ao solo e ao entorno podem interferir em sua composição. Dessa forma, a realização dessas análises contribui para o controle da qualidade dos materiais empregados e para maior confiabilidade das estruturas de concreto produzidas.

Paralelamente, os resultados obtidos reforçam a necessidade da aplicação dos critérios estabelecidos pela ABNT NBR 15900 na avaliação de águas utilizadas na construção civil. A adoção desses parâmetros permite maior segurança na utilização da água destinada ao amassamento do concreto, contribuindo para o controle tecnológico dos materiais empregados e para a qualidade das estruturas executadas.

6. AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Laboratório Alyacqua pelo suporte técnico e pela realização das análises laboratoriais utilizadas nesta pesquisa, contribuindo de forma significativa para o desenvolvimento deste trabalho.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, João Batista Pereira Alves de et al. Análise da água utilizada para amassamento de concreto em obras da cidade do Recife-PE. *Contribuciones a las Ciencias Sociales*, v. 17, n. 13, 2024. DOI: 10.55905/revconv.17n.13-153.

ANDRADE, Carmen. Rebar corrosion modelling and deterioration limit state. *Revista de la Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología y Recuperación de la Construcción*, v. 10, n. 2, p. 165-179, 2020. DOI: 10.21041/ra.v10i2.478. Disponível em: Revista ALCONPAT. Acesso em: 25 maio 2026.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12655: Concreto de cimento Portland — Preparo, controle, recebimento e aceitação — Procedimento. Rio de Janeiro, 2022.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15900-2: Água para amassamento do concreto — Parte 2: Coleta de amostras. Rio de Janeiro, 2009. 28

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15900-3: Água para amassamento do concreto — Parte 3: Avaliação preliminar. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15900-6: Água para amassamento do concreto — Parte 6: Determinação de cloretos. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15900-7: Água para amassamento do concreto — Parte 7: Determinação de sulfatos e álcalis. Rio de Janeiro, 2009

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto — Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

BLOG DO PROFESSOR EDSON. Imagem reproduzida sobre patologias no concreto. Disponível em: <https://engenharia360.com/wp-content/uploads/2016/11/Imagem-reproduzida-de-Blog-do-Professor-Edson.jpeg>. Acesso em: 03 maio 2026.

BONIFÁCIO, Diego Rodrigues et al. Análise sobre ataques por sulfatos ao concreto de fundações. *Revista de Engenharia e Tecnologia*, v. 14, n. 4, 2022.

CHANDNE, Nishigandha R.; SHIRGIRE, Anil V. Effect of different sources of water on strength of concrete: a case study. *International Journal of Research in Engineering, Science and Management*, v. 4, n. 5, 2021. Disponível em: <https://www.ijresm.com>. Acesso em: 18 maio 2026.

CHIARADIA, L. C.; ALMEIDA, F. C. R.; AGUILAR, M. T. P.; FIGUEIREDO, E. J. P. Influência da temperatura na resistividade elétrica do concreto e na cinética de corrosão da armadura. *Revista ALCONPAT*, v. 14, n. 1, p. 1-12, 2024. DOI: 10.21041/ra.v14i1.709. Disponível em: *Revista ALCONPAT*. Acesso em: 22 maio 2026.

CIMENTO ITAMBÉ. Ataque ao concreto por agentes agressivos. Disponível em: https://www.cimentoitambe.com.br/wp-content/uploads/2012/08/ataque_concreto.jpg. Acesso em: 03 maio 2026.

DOS SANTOS BANDEIRA, Francisca Joyce et al. Efeito conjunto da carbonatação e ataque de cloretos na corrosão das armaduras em concretos com escória. In: Congresso Brasileiro de Patologia das Construções, 2024, Anais [...]. p. 1-12. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.12794577>.

DOS SANTOS, A. C. P. et al. Estudo do processo de lixiviação durante 40 anos no concreto de enchimento da casa de força da barragem principal de concreto de Itaipu. In: XV Congresso Latino-Americano de Patología de Construcción; XVII Congreso de Control de Calidad en la Construcción, 2019. Anais [...]. 2019. DOI: 10.21041/CONPAT2019/V2PAT260

FERREIRA, L. P. et al. Estratégias de mitigação do ataque por sulfatos em estruturas de concreto. *Revista Matéria*, Rio de Janeiro, v. 26, n. 4, 2021. DOI: 10.1590/S1517-707620210004.1301.

29

FRARE, Andreza et al. Revisão sistemática sobre reação álcali-agregado: panorama comparativo dos estudos realizados no Canadá e no Brasil. *Revista ALCONPAT*, v. 13, n. 1, p. 1-27, 2023. DOI: 10.21041/ra.v13i1.626.

LIMA, Jardel Santos; GOMES, João Lucas. Concreto sustentável aplicado à construção civil. *RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar*, v. 3, n. 1, 2022. Disponível em: <https://recima21.com.br>. Acesso em: 18 maio 2026.

MACÊDO, Jorge Antônio Barros de. *Métodos laboratoriais de análises físico-químicas e microbiológicas*. 3. ed. Belo Horizonte: CRQ-MG, 2005.

MARTINS, J. P.; SILVA, R. A. Corrosão de armaduras em concreto armado. *Revista Construindo*, Belo Horizonte, v. 15, n. 2, p. 45-58, 2023. Disponível em: *Revista Construindo*. Acesso em: 22 maio 2026.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. *Concreto: microestrutura, propriedades e materiais*. 3. ed. São Paulo: IBRACON, 2014.

NEVILLE, A. M. *Propriedades do concreto*. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2016.

OLIVEIRA, R. S. et al. Prevenção e recuperação de estruturas de concreto armado submetidas ao processo de corrosão da armadura. *Principia: Divulgação Científica e Tecnológica do IFPB*, João Pessoa, n. 58, p. 1480-1492, 2021. DOI: 10.18265/1517-0306a2021id6633.

SILVA, J. S. et al. Avaliações físico-químicas da água como subsídio à avaliação de patologias na estrutura de concreto de uma barragem. *Revista de Engenharia e Tecnologia*, v. 16, n. 1, 2024. Disponível em: <https://revistas.uepg.br/index.php/ret>. Acesso em: 18 maio 2026.

SOUZA, M. R. et al. Avaliação das manifestações patológicas associadas ao ataque por sulfatos em estruturas de concreto armado. *Revista IBRACON de Estruturas e Materiais*, São Paulo, v. 16, n. 3, 2023. DOI: 10.1590/S1983-41952023000300005.

VIDAL, Julia Spiller et al. Análise da durabilidade do concreto frente à carbonatação e ataque de cloretos: estudo de caso em edifícios do litoral norte do Rio Grande do Sul. In: Congresso Brasileiro de Patologia das Construções, 2022, Gramado. Anais eletrônicos [...]. Porto Alegre: ALCONPAT Brasil, 2022. DOI: <https://doi.org/10.4322/CBPAT.2022.040>.

VOTORANTIM CIMENTOS. Classes de agressividade ambiental do concreto. Disponível em: <https://mapa-da-obra-producao.s3.amazonaws.com/wp-content/uploads/2017/07/novo-layout-VC4.jpg>. Acesso em: 03 maio 2026.