

**ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA DE CHUVA DE ILHÉUS PARA USO NA  
CONSTRUÇÃO CIVIL**

<sup>1</sup>Mara Rubia F. dos Santos  
<sup>2</sup>Thalles Acionni da S. Bispo  
<sup>3</sup>Laio Andrade Sacramento

**RESUMO**

O Planeta Terra é preenchido com uma volumosa massa líquida que é a água. Ameaçado em futuramente esse bem vir diminuir seu fluxo e já considerado escasso, é primordial e necessário evitar o desperdício. Analisando por esse viés, as águas de chuva estão sendo desperdiçadas, uma vez que não são utilizadas para atividades que demandam uso de águas em grande quantidade. Diante desse contexto, o presente estudo tem como objetivo analisar a qualidade da água de chuva a fim de ser utilizada na construção civil. Para avaliação da qualidade foi realizada análises físico-químicas (pH e acidez) e minerais (alcalinidade, cloretos, condutividade, Sólidos Totais Dissolvidos (S. T. D), cálcio, cor, turbidez, oxigênio e ferro total), no Laboratório da EMASA-Empresa Municipal de Águas e Saneamento, localizada na Rua São Vicente de Paula, número 0227 - Centro, Itabuna - BA, CEP: 45600-105. Foram coletadas 3 amostras de águas de chuva em Ilhéus-BA, precisamente na Rua Henrique Cardoso, casa 05, bairro Ilhéus II, em dias e horários alternados, com 3 (três) amostras de 500 ml cada, e 1 (uma) amostra de 1 l. Os resultados obtidos em média foram: para o pH de 6,02; alcalinidade 6,75 mg/L; cloretos 6,5 mg/L; condutividade 5,98; Sólidos Totais Dissolvidos (S. T. D) 4,06 mg/L; cálcio 0,0 mg/L; cor 4,5 mg/L; turbidez 0,32 U.N.T; oxigênio 0,1 mg/L e para ferro total o valor máximo de 0,03 mg/L. Os resultados obtidos estavam de acordo com a legislação e foi possível comprovar que a água pluvial pode ser usada na construção de blocos, no amassamento de concretos, nas edificações de pontes, edifícios, indústrias, casas e demais construções.

**Palavras-chave:** Água da chuva. Análise físico-química. Concreto. Aproveitamento de água.

---

<sup>1</sup> Graduando do Centro de Ensino Superior, Faculdade de Ilhéus (CESUPI), Curso de Engenharia Civil, mrunaba@hotmail.com.

<sup>2</sup> Graduando do Centro de Ensino Superior, Faculdade de Ilhéus (CESUPI), Curso de Engenharia Civil, thallessilvabispo@gmail.com.

<sup>3</sup> Engenheiro Civil (UESC). Especialista em Engenharia de Estruturas (UNIGRAD). Mestre em Modelagem Computacional em Ciência e Tecnologia/ UESC, Doutorando em Modelagem Computacional em Ciência e Tecnologia/ IPRJ UERJ, laio.a.sacramento@gmail.com.

## ABSTRACT

Planet Earth is filled with a voluminous liquid mass that is water. Threatened in the future, this good will decrease its flow and already considered scarce, it is essential and necessary to avoid waste. Analyzing from this perspective, rainwater is being wasted, since it is not used for activities that demand large amounts of water. Given this context, the present study aims to analyze the quality of rainwater in order to be used in civil construction. To evaluate the quality, physicochemical (pH and acidity) and mineral analyzes (alkalinity, chlorides, conductivity, Total Dissolved Solids (S.T.D), calcium, color, turbidity, oxygen and total iron) were performed at the EMASA-Company Laboratory Municipal Water and Sanitation, located at Rua São Vicente de Paula, number 0227 - Centro, Itabuna - BA, CEP: 45600-105. Three rainwater samples were collected in Ilhéus-BA, precisely at Rua Henrique Cardoso, house 05, Ilhéus II neighborhood, on alternate days and times, with 3 (three) samples of 500 ml each, and 1 (one) sample of 1 l. The results obtained on average were: for a pH of 6.02; alkalinity 6.75 mg/L; chlorides 6.5 mg/L; conductivity 5.98; Total Dissolved Solids (S.T.D) 4.06 mg/L; calcium 0.0 mg/L; color 4.5 mg/L; turbidity 0.32 U.N.T; oxygen 0.1 mg/L and for total iron the maximum value of 0.03 mg/L. The results obtained were in accordance with the legislation and it was possible to prove that rainwater can be used in the construction of blocks, in the kneading of concrete, in the construction of bridges, buildings, industries, houses and other constructions.

**Keywords:** Rainwater. Chemical physical analysis. Concrete. Use of water.

## 1 INTRODUÇÃO

A água é considerada um bem comum a todos e preciosa dentre os recursos naturais. É usada no nosso dia a dia para vários fins, e é encontrada na natureza nos estados sólido, líquido e gasoso. Essa fonte de importante para nossas vidas e dos demais seres, tem sido usada de forma descontrolada, sem nenhuma preocupação de um dia seu fluxo vir diminuir. Estima-se que o Brasil possui cerca de 14,94% (WW, 2006) do total de água doce renovável do mundo e menos de 3% da população mundial, e mesmo assim apresenta problemas de escassez de água, demonstrando que a água doce de fácil acesso existente é distribuída de forma desigual, precisando ser gerida racionalmente (Viola, 2008).

Segundo Relatório Mundial de Desenvolvimento da Água, até 2030 o planeta pode enfrentar um déficit de água de 40%, a não ser que haja uma melhora drástica em sua gestão (WWAP, 2015). E como alternativa na construção civil não seria diferente, a utilização da água de chuva pode minimizar custos e evitar o desperdício a partir de práticas de aproveitamento e

reaproveitamento. Segundo Guedes (2017), no Brasil a coleta de água de chuva vem sendo realizada em várias regiões. Em 2007 surgiu a NBR 15527:2007 - Água de Chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos 1, que objetiva fornecer conceitos e diretrizes básicas ao aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis em edificações. Atualizada para NBR 15527:2019 Aproveitamento de água de chuva de coberturas para fins não potáveis – Requisitos 2.

Segundo Guedes (2017), antes da criação da NBR 15527:2007 algumas cidades já tinham leis referentes a coletas de águas pluviais, como São Paulo com a Lei nº 13276/2002 e em Curitiba, a Lei nº 10785/2003 de forma a reduzir problemas de inundação, devido ao alto índice de impermeabilização de áreas e proporcionar a conservação no uso da água potável. Em Florianópolis, foi aprovada em 2016, uma lei mais específica para construções: o Projeto de Lei nº 1231/2013 que altera o Código de Obras e Edificações e torna obrigatória a prática de aproveitamento de água de chuva para novas edificações com área superior a 200 m<sup>2</sup>.

Para Palhares (2012), aproveitar, captar e armazenar a água de chuva é necessário definir pontos e instalar sistemas para captação, tubulações para o sistema de filtragem e distribuição do recurso do fluído, e reservatórios para guardar o volume do líquido. E um dos meios mais eficientes e seguros para armazenar seriam as cisternas, que de uma maneira geral, podem ser de alvenaria ou, em alguns casos, de material plástico. Para que elas realmente sejam eficientes, é recomendado que permaneçam enterradas, com isso é possível manter o controle de qualidade da água que ali é armazenada, evitando a incidência de fungos e algas.

A importância do uso da água de chuva na construção civil não é apenas pelo fato da água potável estar escassa, mas porque utilizando esse recurso nas construções, estará contribuindo de maneira sustentável para com o planeta e garantindo a continuação da obra até a etapa final, potencializando o projeto tornando-o mais consciente e rentável.

Um dos pontos considerados importantes no setor de construção é o uso racional dessa água aproveitada e conscientização da equipe de trabalho, pois serão eles os usuários e responsáveis pela manutenção do sistema. Para Tomaz (2001) o uso racional da água é um conjunto de atividades, medidas e incentivos que têm como principais objetivos a redução da demanda de água, melhorar o uso da água e reduzir as perdas e desperdícios da mesma, implantar práticas e tecnologias para economizar água, além de informar e conscientizar os usuários para seu uso.

Na construção civil, a água proveniente da captação pluvial pode ser usada em todo o canteiro de obra, a saber: descargas no sanitário dos alojamentos, limpeza de ferramentas, materiais e equipamentos usados na limpeza do próprio espaço onde será realizada a construção. Além disso, pesquisas têm sido desenvolvidas no que diz respeito a utilização de água pluvial para preparo de concretos e argamassas. Segundo consta na NBR 15527:2019, que dispõe sobre Aproveitamento de água de chuva de coberturas para fins não potáveis – Requisitos 2, estabelece este tipo de água pode ser utilizado nas seguintes situações: Sistemas de resfriamento a água, descargas de bacias sanitárias e mictórios, lavagem de veículos, lavagem de pisos, reserva técnica de incêndio, uso ornamental e irrigação paisagística. E para outros usos os parâmetros de qualidade específicos devem ser avaliados para cada situação pelo profissional responsável pelo projeto do sistema.

Ainda a NBR 15900-1:2009 Água para amassamento do Concreto, no item 3.5 descreve a potencial utilização de água de captação pluvial para uso em concreto, uma vez que ensaiada e com propriedades físico químicas dentro dos padrões estabelecidos.

A execução da proposta na prática é que, para a confecção de um metro cúbico de concreto, se gasta em média 160 a 200 litros de água, e por esse motivo o uso da água de chuva seria uma forma viável para diminuir o consumo de água no setor da construção civil (Pessarello, 2008).

Nessa vertente a NBR 15900-1:2009 Água para amassamento do Concreto, especifica os requisitos para a água ser considerada adequada ao preparo de concreto e descreve os procedimentos de amostragem, bem como os métodos para sua avaliação. Para atender a esses índices, faz necessário, análises de açúcares, fosfato, nitratos, chumbo e zinco. Além dos parâmetros que devem ser avaliados como os óleos e gorduras, cor, materiais sólidos, odor, matéria orgânica, cloretos, sulfatos, alcalinidade e pH, acidez na amostra da água.

A análise de água na preparação de concretos e argamassas é importante pois as impurezas e os sais dissolvidos na água, quando em excesso, podem ser nocivos para os aglomerantes utilizados nessas preparações. Além disso, águas selenitosas, aquelas que contêm traços de gesso, são extremamente corrosivas, já as águas sulfatadas, ou as águas correntes que contêm ácidos carbônicos são águas que destroem os cimentos. (Cruz, 2016).

Diante desse contexto, o presente estudo tem como objetivo realizar a análise físico-químicas (pH e acidez) e minerais (alcalinidade, cloretos, condutividade, S. T. D, cálcio, cor, turbidez, oxigênio e ferro total) encontrados nas águas de chuva em Ilhéus, Bahia. Com intuito de verificar a viabilidade técnica do uso da água de chuva na construção civil, atendendo assim as

exigências da NBR 15900-1:2009 Água para amassamento do Concreto, e se os valores encontrados estão de acordo com os parâmetros da NBR 15527:2019, esta norma fornece requisitos para Aproveitamento da água de chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos 2.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1 Características da água de chuva**

Para Flues et al. (2003), a chuva tem papel importante de limpeza da atmosfera, pois quando ocorre precipitação, além da água, diversas partículas suspensas como o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), também são precipitados, interferindo no pH e em outras características físico-químicas da água da chuva. Na definição dos usos mais apropriados para a água da chuva é importante o conhecimento de suas características em ordem qualitativa.

Segundo Leal et al. (2004) a chuva contém diferentes substâncias químicas iônicas e não iônicas, sendo que as substâncias ionizadas desempenham papel importante nos processos de acidificação do meio aquoso. Dentre as substâncias presentes na composição da água da chuva, além das carbonáticas, destacam-se os cátions e ânions inorgânicos Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, SO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup> e NH<sub>4</sub><sup>+</sup>. Chuvas com pH igual ou superior a 5,6 são consideradas normais, porém quando a chuva apresenta pH inferior a este valor ela passa a ser classificada como chuva ácida por diversos autores (FLUES; HAMA e FORNARO, 2003).

De um modo geral, a qualidade da água da chuva é influenciada pelas condições atmosféricas locais e pela superfície por onde a água escoar antes de ser captada. (HAGEMANN; GASTALDINI, 2016).

#### **2.2.1 pH e acidez**

O termo pH (potencial hidrogeniônico) é usado para expressar a intensidade de uma condição ácida ou alcalina de uma solução, LINS et al. (2021). O pH serve para indicar se uma solução é ácida, neutra ou básica, a escala varia entre 0 e 14, se for igual a 7 será neutro, menor que 7 será ácido e maior que 7 será básico. Segundo consta na NBR 15900-1:2009 - Água para

amassamento do concreto, a água de amassamento, utilizada para fazer a mistura do cimento com os agregados para formação do concreto, não pode apresentar pH menor que 5,0 (água ácida) e teor de sulfato superior a 2000 mg/L.

O pH da água é quem determina o índice de acidez da chuva. Quando o pH se encontra elevado pode-se dizer que é um solvente alcalino, quando abaixo do indicado pela NBR 15900-1:2009 Água para amassamento do concreto um  $\text{pH} < 5$  considera-se ácida.

Segundo MARQUES et al. (2010), devido às concentrações existentes de gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ) na atmosfera, a chuva é considerada neutra com o pH 5,6.

### **2.2.2 Elementos químicos**

Para detectar elementos químicos que possam alterar a química do concreto, quanto a resistência e o tempo de pega, é necessário a realização de ensaios preliminares, previstos na NBR 15900-1:2009 Água para amassamento do Concreto.

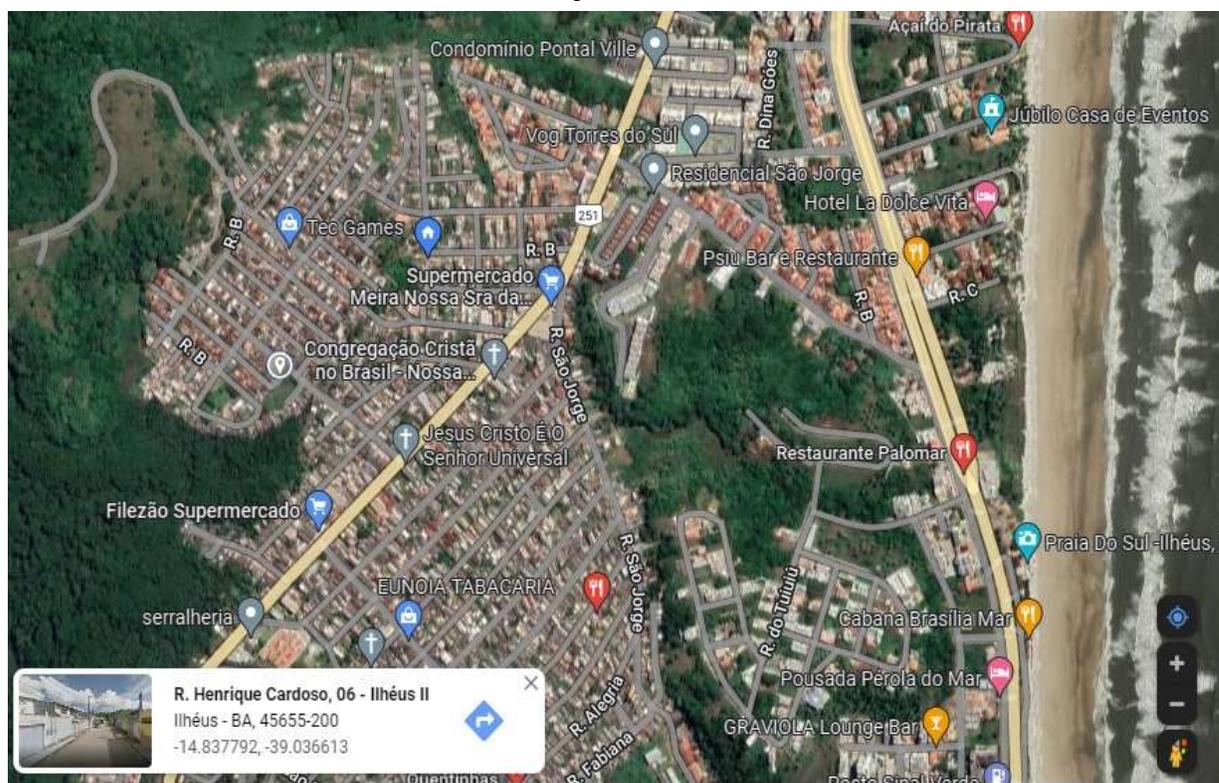
## **2.2 Utilização da água de chuva na construção civil**

A utilização da água da chuva é uma forma de minimizar custos, evitar o desperdício e criar novas práticas e técnicas de aproveitamento e reaproveitamento no setor da Construção civil. Desde que a água de chuva atenda aos parâmetros técnicos exigidos pela NBR 15900-1:2009 Água para amassamento do Concreto, esta norma não trata especificamente da água de chuva, mas a NBR 15527:2019 Aproveitamento de água de chuva de coberturas para fins não potáveis - Requisitos 2 que dispõe sobre “Água de Chuva” tem como objetivo fornecer conceitos e diretrizes básicas ao aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis em edificações.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 Coleta da amostra

**FIGURA 1 – LOCALIZAÇÃO DA COLETA – ILHÉUS -BA**



**Fonte:** <https://www.google.com.br/maps/@-14.8377712,-39.0366344,1384m/data=!3m1!1e3?hl=pt-BR&authuser=0>

A amostra de água da chuva foi coletada diretamente da atmosfera na Rua Henrique Cardoso localizada no Bairro Ilhéus II, conforme Figura 1, o período de coleta da amostragem foi entre os dias 17/04, 18/04 e 19/04 de 2022 em horários alternados. Foram realizadas 4 (quatro) coletas de amostras para a realização do estudo, sendo coletada a primeira amostra às 07h10min, a segunda amostra às 10h06min, a terceira às 16h30min e a quarta amostra às 07h35min.

**FIGURA 2 – ÁGUA DE CHUVA COLETADA**



**Fonte** – Dados da pesquisa dos autores, 2022.

O volume foi apanhado em vasilha esterilizada de vidro, conforme apresenta a Figura 2, sem passar por paredes, telhados ou calhas, descartada a primeira porção, coletou-se 3 (três) amostras, correspondente a 500 ml cada, após foi coletada a quantidade de 1(um) litro referente a uma só amostra, a água foi transferida para um recipiente esterilizado de plástico, fechado com tampa plástica, etiquetado, apresentados na Figura 3 abaixo, e encaminhado para EMASA – Empresa Municipal de Água e Saneamento: Laboratório Central de Físico-Química, situado em Itabuna-BA, para realização das análises físico-químicas.

**FIGURA 3– ÁGUA DE CHUVA ENVASADA**



Fonte – Dados da pesquisa dos autores, 2022.

### **3.2 Análise físico-química da água de chuva**

Uma análise qualitativa foi realizada para verificar se após descartar os primeiros milímetros de precipitação para cada amostra, a água de chuva depois de coletada deve ser examinada de acordo com os procedimentos de ensaios descritos na NBR 15900-3 Água para Amassamento do concreto - Avaliação preliminar - Parte 3: Requisitos, com a finalidade de saber se a água possui qualidade suficiente para ser usado no amassamento do concreto e para uso nas demais atividades da construção civil.

A metodologia utilizada para determinação de pH nas amostras de águas de chuva foi a análise dos parâmetros físico-químicos, seguindo o que está descrito nas normas do Manual do Instituto Adolfo Lutz (2008). Para determinações foram analisados os seguintes parâmetros: análises de minerais (Alcalinidade, Cloretos, Condutividade, Sólidos Totais Dissolvidos (STD), Cálcio, Cor, Turbidez, Oxigênio e Ferro Total), utilizou-se os métodos titulométricos, conforme demonstrado no Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água da EMBRAPA (2011). Esta análise foi realizada por profissional do laboratório da EMASA

- Empresa Municipal de Águas e Saneamento de Itabuna/BA, total de 3 amostras de 500ml cada e uma amostra de 1(um) litro.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1, são descritos os parâmetros de avaliação da água de chuva analisados pela EMASA – Empresa Municipal de Água e Saneamento: Laboratório Central de Físico-Química, situado em Itabuna-BA, com objetivo de verificar as análises físico-químicas do material amostral de utilizado na pesquisa.

**TABELA 1- COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA ÁGUA DE CHUVA.**

Determinação	Unidade de Medida	Resultado da Análise				Valor Máximo			
		A 1	A 2	A 3	A 4	A 1	A 2	A 3	A 4
<b>Odor</b>	-	Não objetável				Não objetável			
<b>Alcalinidade HCO</b>	mg/L	9	6	7	5	SR	SR	SR	SR
<b>Alcalinidade CO<sub>3</sub></b>	mg/L	-	-	-	-	SR	SR	SR	SR
<b>Manganês</b>	mg/L	-	-	-	-	0,1	0,1	0,1	0,1
<b>Alumínio Residual</b>	mg/L	-	-	-	-	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
<b>Cloretos mg/L</b>	mg/L	6	7	6	7	250	250	250	250
<b>Condutividade</b>	µS/cm	7,4	0,02	16,5	0,015	1000	1000	1000	1000
<b>STD</b>	mg/L	5,03	0,01	11,2	0,01	500	500	500	500
<b>Nitrito</b>	mg/L	0,015	0,015	0,017	0,017	1	1	1	1
<b>Nitrato</b>	mg/L	0,01	0,01	0,03	0	10	10	10	10
<b>Dureza Total</b>	mg/L	10	0,0	35	5	300	300	300	300
<b>Cálcio</b>	mg/L	0	0	0	0	500	500	500	500
<b>Magnésio</b>	mg/L	2	0	0	3	500	500	500	500
<b>Cor</b>	mg/L	6	4	4	4	15	15	15	15
<b>Turbidez</b>	U.N.T	0,36	0,28	0,29	0,37	5,0	5,0	5,0	5,0
<b>pH</b>	-	6,2	6,2	5,87	5,84	9,0	9,0	9,0	9,0
<b>Fluor</b>	mg/L	-	-	-	-	1,5	1,5	1,5	1,5
<b>Cloro Residual</b>	mg/L	-	-	-	-	2,0	2,0	2,0	2,0
<b>Ferro</b>	mg/L	-	-	-	-	SR	SR	SR	SR
<b>Oxigênio</b>	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,1	SR	SR	SR	SR
<b>Ferro Total</b>	mg/L	-	-	-	-	0,3	0,3	0,3	0,3
<b>Sulfatos</b>	mg/L	0	0	0	0	SR	SR	SR	SR

\*SR Sem Recomendação pela Legislação

**Fonte:** Dados da pesquisa dos autores, 2022

A partir do conhecimento das propriedades físico-químicos das quatro amostras coletadas para pesquisa, foi efetuada uma média dos valores encontrados, realizando assim, uma comparação com as normas da NBR 15900.

**TABELA 2 – COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICOS E MINERAIS DA ÁGUA DE CHUVA COLETADA, COMPARADA COM AS NORMAS DA ABNT – NBR 15900.**

ABNT (NBR 15900:2009)		ÁGUAS DE CHUVA (Atmosfera) Resultados obtidos na análise de laboratório
Parâmetro	Requisito	Resultado
Alcalinidade CaCO <sub>3</sub>	(ABNT) 1500 mg/L	6,75 mg/L
Cloreto	(ABNT) Concreto protendido = 500 mg/L Concreto armado = 1000 mg/L Concreto simples = 4500 mg/L	6,5 mg/L (Teor Máximo=250 mg/L)
Condutividade	-	5,98 µS/cm (Teor Máximo=1000 µS/cm)
S. T. D	-	4,06 mg/L (Teor Máximo=500 mg/L)
Cor	A cor deve ser comparada qualitativamente com água potável devendo ser: amarelo-claro a incolor, inferior a 5 mg/L.	4,5 mg/L (Teor Máximo=15 mg/L)
Turbidez		0,32 U.N.T (Teor Máximo=5,0 UT)
pH	ABNT pH ≥	6,02 (Valor Máximo=9,0)
Oxigênio	-	0,1 mg/L
Ferro Total	-	(Valor Máximo=0,3 mg/L)

Fonte: Dados da pesquisa dos autores (2022).

Verificando o resultado do parâmetro alcalinidade encontrado na água da chuva de 6,75 mg/L de CaCO<sub>3</sub> e comparando este item com a NBR 15900:2009 Água para Amassamento do concreto - Parte 1: Requisitos o valor encontra-se abaixo do demonstrado pela norma e abaixo dos resultados encontrados nos estudos de Costa, (2007).

Para a Nalco Analytical Procedure (2005, apud ALVES et al.,2016), a alcalinidade é considerada um dos elementos críticos da água, pois se a alcalinidade é muito alta, pode ocorrer a

formação de depósitos e incrustações na construção e se a alcalinidade for muito baixa, o resultado é a ocorrência de corrosão. No entanto a empresa apresenta duas formas de alcalinidade importantes para controlar e estabilizar a situação descrita acima, a saber: alcalinidade carbonatos e alcalinidade bicarbonatos onde em determinada situação o cálcio e o carbonato podem reagir juntos, formando carbonato de cálcio, conhecidos como depósitos de carbonato de cálcio, controlados máximos com 200 ppm c/  $\text{CaCO}_3$  e conforme a NBR 15900:2009 Água para Amassamento do concreto - Parte 1: Requisitos, o valor máximo encontrado não ultrapassa 50.000 mg/L.

O cloreto encontrado na amostra da água de chuva foi em média de 6,5 mg/L e o valor máximo de 250 mg/L de  $\text{Cl}^-$ . O valor encontra-se inferior ao limite máximo permitido pela NBR 15900:2009 para o item concreto protendido. Para Gentil (1996), o cloreto, conhecido como o íon cloreto é muito reativo, podendo alterar o equilíbrio do sistema, é um sólido potencializador da corrosão em tubulações e altera a potabilidade da água quando maior que 500 mg/L expressos em íons  $\text{Cl}^-$  conforme NBR 15900:2009 Água para Amassamento do concreto - Parte 1: Requisitos. Na construção civil, quando esses íons apresentam maior do que o recomendado pela legislação e em contato com água e oxigênio destroem a película do aço no concreto ocasionando corrosão, Missau (2004).

Para Hagemann (2009) a condutividade é definida como a capacidade da água de transmitir corrente elétrica. Os sólidos dissolvidos são os constituintes responsáveis pela condutividade que pode ser utilizada como medida indireta da presença de sais. A condutividade encontrada na análise de chuvas proveniente da atmosfera foi de 5,98  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Silva e Oliveira (2001) ressaltam que esta é uma importante variável para a prevenção de corrosão, quando há reutilização de águas. No que se refere à construção civil os valores encontrados atendem aos requisitos sugeridos nos estudos de Villas e Banderalli (2013) quando o autor aponta que para a água da chuva o valor sugerido é  $<15$ . O índice encontrado na análise foi menor que o permitido pela legislação e quando esse índice for maior do que o sugerido significa que uma descarga ou alguma outra fonte de contaminação foi incorporado à água segundo (Villas e Banderalli, 2013).

Para os Sólidos Totais Dissolvidos (STD) foram encontrados os valores 4,06 mg/L para a água da atmosfera e 13,9 mg/L para água do telhado comparado com estudos de observa-se uma diferença de 9,03 pontos. A água direto da atmosfera tem menos sólidos que a água que vem do telhado, esta, pode conter acúmulo de materiais, como excreto de animais, folhas, poeira, podendo

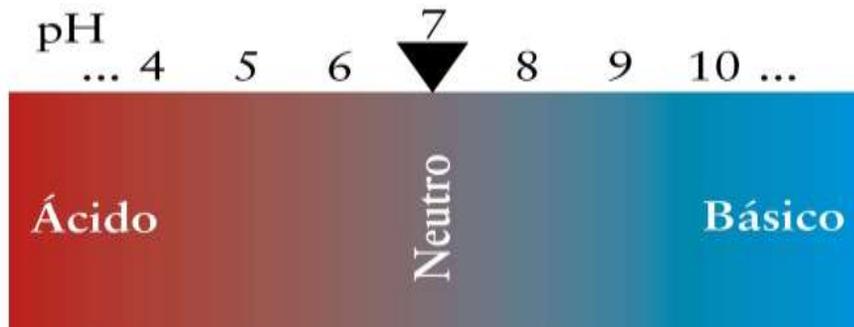
esses materiais comprometer a qualidade da água. Essa diferença do STD, quando maior pode trazer danos à construção quando adicionado aos componentes do cimento. Acredita-se que a presença desses resíduos acima do sugerido pela legislação quando usado no amassamento do concreto acarretará na perda total do composto.

A cor da amostra da água de chuva coletada da atmosfera, em sua análise laboratorial foi encontrada, conforme consta na Tabela 1, valor de 4,5 mg/L, analisando qualitativamente a água da atmosfera foi incolor e inodoro, se fosse coletada passando por telhados ou calhas esse parâmetro seria alterado em sua coloração, devidos sedimentos diversos encontrados nas coberturas, comparando com a NBR 15900-3:2009 Água para amassamento do concreto - Avaliação preliminar -. Parte 3: Requisitos, a água ideal para ser usado no amassamento do concreto a cor deve ser comparada qualitativamente com a água potável devendo esse solvente ser de cor amarelo claro a incolor, exceto para a água recuperada de processos de preparação do concreto.

No item turbidez o valor encontrado para água de chuva (atmosfera) foi de 0,32 U.N.T, comparando com resultado encontrado de 0,81 U.N.T para água de chuva coletada do telhado descrito nos estudos de Silva (2004), a diferença não foi significativa, uma vez que a NBR 15900-3:2009 Água para amassamento do concreto - Avaliação preliminar -. Parte 3: Requisito apresenta teor máximo de 5,0 UT, para utilização dessa água no canteiro de obras, sobretudo em todos os aspectos que se refere à construção é importante atender o que orienta as normas. Caso contrário a contaminação dessa água contribuirá para resultados negativos referindo-se aos componentes nela adicionado, a saber: água contaminada para dissolução de tintas ocasionando resultados insatisfatórios e para solver a concretagem, pega e cura insuficiente.

O Potencial Hidrogeniônico (pH) da água demonstrado na Tabela 1 é quem determina o índice de acidez da chuva. Quando este se encontra elevado pode-se dizer que é um solvente alcalino, quando abaixo do indicado pela NBR 15900:2009 um  $\text{pH} < 5$  considera-se ácida, conforme demonstrada na Figura 4 – Valores de pH e pHO.

**FIGURA 4 – VALORES DE pH DA ÁGUA.**



**Fonte:** ATKINS, Princípios de Química, 2018

O procedimento utilizado na coleta contribuiu para que o resultado do pH (6,02) atendesse a um dos requisitos da NBR 15900:2009 Água para Amassamento do concreto - Parte 1: Requisitos, quando a legislação aponta que a acidez ideal da água é com o  $\text{pH} \geq 5$ . Sobretudo se a água fosse coletada de fontes como calhas, passando por telhados e ou paredes o valor do pH seria alterado devido matérias orgânicas, fezes de animais, fuligem entre outros resíduos, que provavelmente estariam presentes na amostra, interferindo assim nos resultados.

O concreto é um material de alto pH, que está ente 12,6 e 13,5 e quando esse concreto é exposto a  $\text{CO}_2$ , ocorre a carbonatação, o que reduz seu pH para 8,5 que se torna um problema, por isso que é interessante ter um índice bom de pH na água também. Conforme estudos de Costa (2007), os resultados obtidos conjuntamente satisfazem os requisitos apontados pela NBR 15900:2009 Água para Amassamento do concreto - Parte 1: Requisitos, que determina um  $\text{pH} > 5$ . Observando a Tabela 1 é possível verificar que os resultados demonstrados estão dentro dos critérios necessários para aplicação da proposta do uso e reuso das águas de chuvas. Quando o índice de acidez excede o recomendado pela legislação o correto é ensaiar, tratar até chegar ao resultado desejado, pois águas com características ácidas aceleram o processo de corrosão das armaduras dentro do concreto, de acordo com a norma NBR 15900-1 de 2009. Em função de requisitos específicos do projeto e a critério do projetista pode ser necessária a desinfecção da água de chuva antes do seu uso. A desinfecção pode ser feita pela utilização de cloro, ozônio, ultravioleta ou outras tecnologias (NBR 15527:2019 - Aproveitamento de água de chuva de coberturas para fins não potáveis — Requisitos).

Analisando e comparando estudos de Oliveira (2016) no Reuso da água da chuva, pH de (6,72) resultado encontrado na obra do autor, acredita-se que é possível a aplicabilidade do que se

propõe a tendência no momento, uso da água pluvial no canteiro de obra. Uma vez que estudos mostraram solução eficaz e lucrativa para uma fábrica de blocos de concreto não estrutural na cidade de Palmas, no estado do Tocantins.

No parâmetro oxigênio foi encontrado resultados de 1,0 mg/L na análise da água de chuva, no entanto comparado com outros estudos a concentração normal aproximada desse corpo hídrico é de 7,0 mg/L conforme indicação de Von Sperling (2007) que sugere um valor de segurança de 85% do valor de saturação de oxigênio, quando a água apresenta poucos indícios de poluição. Para May (2004), o parâmetro para oxigênio dissolvido deve ser  $\leq 5$  mg/L. Com isso entende-se que a quantidade encontrada na análise pode ser adicionada a outros componentes químicos para amassamento do concreto e para demais usos na construção civil, uma vez que o teor não é elevado

Para ferro total o valor encontrado para águas de chuva foi de 0,3 mg/L, geralmente o ferro é encontrado em águas naturais. Portanto a água de chuva coletada direto da atmosfera com esse teor de ferro pode ser utilizado no concreto e em todas as etapas da construção que necessite desse solvente. A Nalco Analytical Procedure (2005, apud ALVES et al.,2016), aponta que a presença de ferro nas águas se torna notável quando essa água se enriquece de O<sub>2</sub> (oxigênio) que oxida o ferro da forma ferroso para a forma férrico, marrom, esse controle só é feito para concretos que podem apresentar esteticamente manchas em sua composição.

Os resultados estão de acordo com a NBR 15527:2019 - Água de chuva - aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos e foi possível comprovar que a água de captação pluvial e água residual industrial, pode ser adequada para uso em concreto desde que utilize a água com o pH próximo ao da água potável entre (5,8 à 8,00), podendo ser usado nas obras de concretaria, construção de blocos, no amassamento de concretos, nas edificações de pontes, edifícios, indústrias, casas e demais construções

De acordo com os resultados obtidos na pesquisa é possível afirmar que a água de chuva na cidade de Ilhéus pode sim, ser usada na construção civil, tanto adicionada aos componentes do cimento como no amassamento do concreto, pois os mesmos atendem aos requisitos exigidos pela NBR 15900:2009 Água para Amassamento do concreto - Parte 1: Requisitos.

## 5 CONCLUSÃO

O trabalho apresenta informações que possibilitam um novo olhar para o aproveitamento e uso da água de chuva na construção civil, não só para edificação, mas também para diversas demandas no canteiro de obras. Foram realizadas análises físico-químicas da água da chuva na cidade de Ilhéus-BA e os resultados obtidos comparados com os parâmetros normatizados pela NBR 15900:2009 Água para Amassamento do concreto - Parte 1: Requisitos.

Diante dos resultados das análises da amostra de água de chuva coletada e estudos similares é possível informar aos profissionais e estudantes da Engenharia Civil que a água da chuva pode ser usada na obra, seja para construção de blocos, amassamento do concreto, pintura e demais atividades afins.

A possibilidade de aproveitamento de água de chuva em concretos vem ao encontro da construção autossustentável, principalmente em usinas de concreto e construções, que requerem grandes volumes de concreto, reduziria bem o consumo com água potável. Espera-se com esta pesquisa, ter contribuído para novas informações acadêmicas nesta área e posteriores estudos que venham ampliar as possibilidades de uma relação sustentável do homem e natureza.

## REFERÊNCIAS

ALVES, A.B. et al. **Parâmetros de qualidade e uso da água utilizada na engenharia civil**. I Colóquio Estadual de Pesquisa Multidisciplinar, UNIFIMES, Trindade-GO, 2016. Artigos apresentados. Disponível em: <https://unifimes.edu.br/2016/09/01/xi-semana-universitaria-e-x-encontro-de-iniciacao-cientifica/> Acesso em 31 de maio de 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA de NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 6118 (NB1/2003). **Projeto de estruturas de concreto - Procedimento**. Rio de Janeiro: ABNT, 2014. Disponível em: [https://www.galaxcms.com.br/up\\_arquivos/1149/NBR61182014-20190807180913.pdf](https://www.galaxcms.com.br/up_arquivos/1149/NBR61182014-20190807180913.pdf) Acesso em: 04 de maio de 2022

\_\_\_\_\_. NBR 15900:1. **Água para amassamento do concreto. Parte 1: Requisitos**. Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: [https://freitag.com.br/files/uploads/2018/01/portaria\\_norma\\_473.pdf](https://freitag.com.br/files/uploads/2018/01/portaria_norma_473.pdf). Acesso em: 11 de maio de 2022.

\_\_\_\_\_. NBR 15527:2007 - **Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos**. Rio de Janeiro, 2007. Disponível em: <http://licenciadorambiental.com.br/wp-content/uploads/2015/01/NBR-15.527-Aproveitamento-%C3%A1gua-da-chuva.pdf>. Acesso em: 04 de maio de 2022.

\_\_\_\_\_. NBR 15527:2019 - **Aproveitamento de água de chuva de coberturas para fins não potáveis – Requisitos**. Rio de Janeiro, 2007. Disponível em: <https://projetosapuerj.com/2019/10/01/nbr-155272019/> Acesso em: 11 de maio de 2022.

ATKINS, P.; JONES, L.; LAVERMAN, L. **Princípios de Química: Questionando a vida moderna e o meio ambiente**. Porto Alegre, 7ª ed.: Bookman, 2018. Disponível em: <https://play.google.com/books/reader?id=05yDwAAQBAJ&pg=GBS.PR2&hl=pt>. Acesso em: 31 de maio de 2022.

COSTA, I. Y. de L.G. da. **Análise físico-química da água de chuva na cidade de João Pessoa para uso não potável**, 2007. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/228996659>. Acesso em: 04 de maio de 2022.

CRUZ, F. **Reaproveitamento da água - O que é e quais análises são necessárias para o reuso ideal**. 2016. Disponível em: <https://baktron.com.br/ebooks/>. Acesso em: 11 de maio de 2022.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária **Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água**. 1.ed. Colombo - PR: EMBRAPA Florestas, 2011, 47 p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/57612/1/Doc232ultima-versao.pdf>. Acesso em: 04 de maio de 2022.

FLUES, M.; HAMA, P e FORNARO, A. **Avaliação do nível de vulnerabilidade do solo devido à presença de termelétrica a carvão**. Figueira, PR-Brasil. Química Nova. Vol. 26, n. 4, p. 479-483, 2003. Disponível em <https://www.scielo.br/j/qn/a/wdDTsDNpTdbFBwfyGFjFDxC/?lang=pt> Acesso em: 11 de maio de 2022.

GENTIL, V. **Corrosão**. 3. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos. 1996. Disponível em: <https://www.pensecomigo.com.br/livro-corrosao-pdf-vicente-gentil/>. Acesso em: 04 de maio de 2022.

GUEDES, L. T. **Avaliação da qualidade da água de chuva em Florianópolis (SC) e seu potencial de aproveitamento**. 2017, p.50 Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Ambiental e Sanitária) - Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, Santa Catarina, 2017. Disponível em: <http://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/102214>. Acesso em: 04 de maio de 2022.

HAGEMANN, S. E.; GASTALDINI, M. do C. C. **Variação da qualidade da água de chuva com a precipitação: aplicação à cidade de Santa Maria - RS**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos - Brazilian Journal of Water Resources, Versão On-line ISSN 2318-0331 RBRH, Porto Alegre, v. 21, n. 3, p. 525-536, jul./set. 2016 Artigo Científico/Técnico. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/rbrh/a/9Lm68gNrGnLqxxMwQ6MM74H/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 11 de maio de 2022.

HAGEMANN, S. E. **Avaliação da qualidade da água da chuva e da viabilidade de sua captação e uso. Dissertação de mestrado**, Santa Maria – RS, 2009. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/7715/HAGEMANN%2C%20SABRINA%20ELICKER.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 04 de maio de 2022.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análises de alimentos**. 4ª ed. São Paulo: 1ª Versão digital, 1000 p. 2008. Disponível em: [http://www.ial.sp.gov.br/resources/editorinplace/ial/2016\\_3\\_19/analisedealimentosial\\_2008.pdf](http://www.ial.sp.gov.br/resources/editorinplace/ial/2016_3_19/analisedealimentosial_2008.pdf). Acesso em: 04 de maio de 2022.

LEAL, T. F. et al. **Composição iônica majoritária de águas de chuva no centro da cidade de São Paulo**. Química Nova. Vol. 27, n. 6, p. 855-96, 2004. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/czPXPQBm74RBj8njKzLYGzS/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 11 de maio de 2022.

LEI Nº 13276, de 05 de janeiro de 2002. **Torna obrigatória a execução de reservatório para as águas coletadas por coberturas e pavimentos nos lotes, edificados ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 500m²**. Disponível em: <https://cm-sao-paulo.jusbrasil.com.br/legislacao/813965/lei-13276-02>. Acesso em: 11 de maio de 2022.

LEI Nº 10785, de 18 de setembro de 2003. **Cria no município de Curitiba, o programa de conservação e uso racional da água nas edificações – purae**. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a/pr/c/curitiba/lei-ordinaria/2003/1078/10785/lei-ordinaria-n-10785-2003-cria-no-municipio-de-curitiba-o-programa-de-conservacao-e-uso-racional-da-agua-nas-edificacoes-purae>. Acesso em: 11 de maio de 2022.

LINS, E. A. M. et al. **A chuva ácida e suas correlações químicas**. Universidade Católica de Pernambuco / Instituto Federal de Pernambuco (Campus Recife). XII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental Salvador/BA – 08 a 11/11/2021. Disponível em: <http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2021/IV-002.pdf>. Acesso em: 11 de maio de 2022.

MAY,S. **Estudo da Viabilidade do Aproveitamento de Água de Chuva para consumo não potável em Edificações**. São Paulo, 2004. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-02082004-122332/publico/simonemay.pdf>. Acesso em: 11 de maio de 2022.

MARQUES, R. et al. **Composição Química de águas de chuva em áreas tropicais continentais**. Cuiabá-MT: Aplicação do Sistema Clima Urbano (S.C.U.). Revista do Departamento de Geografia, 20 (2010) p. 63-75. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/47242> . Acesso em: 11 de maio de 2022.

MISSAU, F. et al. **Penetração de cloretos de concretos contendo diferentes teores de cinza de casca de arroz**. Dissertação de Mestrado. Repositório Digital da UFSM, Santa Maria, RS. 2004. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/20762>. Acesso em: 04 de maio de 2022.

OLIVEIRA, J. P. G. de. **Reuso da água da chuva na produção de blocos de concreto não estrutural**. Revista Eletrônica em Gestão Educação e Tecnologia Ambiental Santa Maria, v. 20, n.1. abr.2016, p. 487-496. Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas – UFSM. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/reget/article/view/19272>. Acesso em: 04 de maio de 2022.

PALHARES, J. C. P.; GUIDONI, A. L. **Qualidade da água de chuva armazenada em cisterna utilizada na dessedentação de suínos e bovinos de corte**. Revista Ambiente & Água, Taubaté, v.7, p.244-254, 2012. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/>. Acesso em: 04 de maio de 2022.

PAULA, H M de. IX-043 - **Aproveitamento de água de chuva: aplicações da água como água destina ao amassamento de concretos**. Recife-PE, 2009. Disponível em: <https://xdocs.com.br/doc/aproveitamento-de-agua-de-chuvaaplicacoes-da-agua-como-agua-destina-ao-amassamento-de-concretos-vqoedzggq2n6>. Acesso em: 04 de maio de 2022.

PESSARELLO, R. G. **Estudo exploratório quanto ao consumo de água na produção de obras de edifícios: avaliação e fatores influenciadores**. 2008. 111 f. Monografia (MBA em Tecnologia e Gestão Na Produção De edifícios) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008. Disponível em: <http://poliintegra.poli.usp.br/library/pdfs/36321ef2ece6a6108dbca2b017009f27.pdf>. Acesso em: 04 de maio de 2022.

SILVA, A. L. S. da. **Turbidez da água**. Brasil, 2004. Disponível em: <https://www.infoescola.com/quimica/turbidez-da-agua/>. Acesso em: 11 de maio de 2022.

TOMAZ, P. A **Economia de Água para Empresas e Residências – Um Estudo Atualizado sobre o Uso Racional da Água**. Navegar Editora, São Paulo, 2001. Disponível em: <https://docplayer.com.br/5624566-Economia-de-agua-engenheiro-civil-plinio-tomaz.html>. Acesso em: 04 de maio de 2022.

WWAP (Programa Mundial de Avaliação da Água das Nações Unidas). 2015. **Relatório das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento Mundial da Água 2015: Água para um Mundo Sustentável**. Paris, UNESCO. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000231823>. Acesso em: 04 de maio de 2022.

WORLD WATER – WW, 2006, Total Renewable Freshwater Supply, by Country (2006 Update). Pacific Institute. Disponível em: <https://worldwater.org/wp-content/uploads/2013/07/ww8-table1.pdf>. Acesso em: 04 de maio de 2022.

VILLAS, M. e BANDERALI, M. **Como e porque medir a condutividade elétrica (CE) com sondas multiparâmetros?** AgSolve Monitoramento Ambiental, 2013. Disponível em: <https://www.agsolve.com.br/noticias/como-e-porque-medir-a-condutividade-eletrica-ce-com-sondas-multiparametros>. Acesso em 04 de maio de 2022.

VIOLA, H. **Gestão de Águas Pluviais em Áreas Urbanas – O Estudo de Caso da Cidade do Samba.** Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: [http://www.ppe.ufrj.br/images/publica%C3%A7%C3%B5es/mestrado/Heitor\\_Viola.pdf](http://www.ppe.ufrj.br/images/publica%C3%A7%C3%B5es/mestrado/Heitor_Viola.pdf). Acesso em: 04 de maio de 2022.

VON SPERLING, M. **Estudos e modelagem da qualidade da água de rios.** Belo Horizonte: DESA/UFMG, 2007. 588 p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, v.7). Disponível em: <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/11436>. Acesso em: 11 de maio de 2022.