



# A INFLUÊNCIA DA INCORPORAÇÃO DA ÁGUA CINZA NO CONCRETO

**Palavras-Chave:** CONCRETO, ÁGUA CINZA, ÁGUA DE REUSO

**Autores/as:**

**RENATA VIEIRA DE SOUSA E SILVA, FECFAU, UNICAMP**  
**Me. MARIA EDUARDA PEREIRA DE ALMEIDA, FECFAU, UNICAMP**  
**Prof. Dr. ADRIANO LUIZ TONETTI (orientador), FECFAU, UNICAMP**

## 1. INTRODUÇÃO

Um dos principais materiais utilizados hoje na construção civil é o concreto, usado da forma como conhecemos desde 1824, quando o químico inglês, Joseph Aspdin patenteou o cimento Portland (Sharp, 2006). Atualmente, o concreto é o material construtivo mais consumido do mundo, chegando a até 30 bilhões de toneladas por ano, com a tendência de crescer a cada ano (Almeida, 2022).

O concreto moderno é composto por quatro componentes principais: cimento Portland, agregado miúdo (areia), agregado graúdo (pedra britada) e água (Almeida, 2022), sendo todos eles baseados em matérias primas naturais e finitas. Com a crescente temática da sustentabilidade e modelos de construção alternativos, é crucial iniciar um consumo consciente a fim de prolongar a disponibilidade destes recursos no planeta.

Segundo Tonetti et al. (2019), a produção do concreto requer uma grande quantidade de água, sendo que 85% do consumo da água

virtual é dedicado aos materiais de construção (Heravi, Abdolvand, 2019). Com a problemática da escassez em diversos locais ao redor do mundo, é importante que a busca por materiais alternativos esteja ativa.

Considerando os problemas apresentados em relação à matéria prima para produção do concreto, a reutilização da água cinza do banho emerge como uma alternativa viável. A água cinza refere-se a qualquer água residual não industrial obtida por atividades domésticas, como lavar louças, tomar banho e lavar roupas (Ghraid et al., 2018). Essa prática permitiria a redução do consumo de água potável na construção, diminuindo os custos associados ao fornecimento dela para uso pessoal dos trabalhadores e para a obra em si. Além disso, a reutilização da água cinza do banho também contribuiria para solucionar parte dos desafios relacionados ao saneamento, uma vez que essa água residual seria aproveitada na produção de concreto.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1 Coleta da Água Cinza

Para a obtenção do material utilizado neste estudo, optou-se por adotar uma abordagem informal e doméstica, sem a aplicação de qualquer tipo de tratamento prévio. Com o intuito de simular condições realistas, os banhos foram realizados em uma bacia, permitindo que a água resultante escoasse de forma natural.

Com isso, os novos "componentes" presentes na água cinza, provenientes do uso de produtos de higiene pessoal, tais como sabonetes, shampoos, condicionadores, além dos óleos naturais do corpo, cabelos e fios de cabelo, são coletados de forma integral. Essa abordagem não filtrada buscou representar com fidelidade a água cinza gerada em um ambiente doméstico comum, sem intervenções adicionais que poderiam afetar suas propriedades.



Figura 1 – Bacia cheia com água cinza proveniente do banho – fonte: Próprio Autor (2023)

## 2.2 Caracterização da Água Cinza

Os parâmetros avaliados incluíram Potencial Hidrogeniônico (pH), turbidez, demanda química de oxigênio (DQO), condutividade elétrica, alcalinidade total, oxigênio dissolvido, nitrogênio total, sulfato, nitrito, nitrato, zinco e chumbo.

Os métodos de análise foram realizados de acordo com a apostila do Laboratório de Saneamento da Faculdade de Engenharia Civil da

Unicamp (Nour et al., 2016), respeitando o período máximo de preservação da amostra.

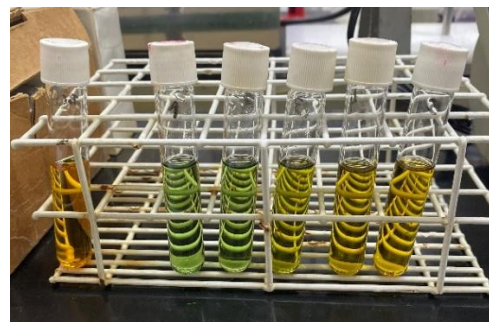


Figura 2 – Amostras durante a análise da DQO – fonte: Próprio Autor (2023)

## 2.3 Características do Concreto e Corpos de Prova

Após a caracterização, foi realizada a coleta total da água cinza para a produção dos corpos de prova, em que foram feitos em diferentes proporções: 0%, 25%, 50%, 75% e 100% de água cinza em relação à água potável, conforme a Tabela 2. Foram moldados 175 corpos de prova distribuídos para as curas de 7, 28 e 90 dias.

O traço utilizado foi o mesmo calculado por Almeida (2022) em sua dissertação conforme a Tabela 1, apresentada a seguir.

	Cimento	Areia Grossa	Pedrisco	Água (L/m <sup>3</sup> )
kg/m <sup>3</sup>	500	788,72	871,45	255
(kg/m <sup>3</sup> )/500	1	1,578	1,743	0,45

Tabela 1 – Traço do Concreto utilizado

Substituição	1	2	3	4	5
Água Potável (%)	100	75	50	25	0
Água Cinza (%)	0	25	50	75	100

Tabela 2 – Proporção entre Água Potável e Água Cinza para cada substituição

O corpo de prova é pequeno, com o molde de 5 centímetros de diâmetro e 10 centímetros de altura, tendo volume unitário de 0,000196 m<sup>3</sup>.



Figura 3 – Molde utilizado – fonte: Próprio Autor (2023)

## 2.4 Ensaio

Os ensaios a serem realizados são resistência à compressão, resistência à tração por compressão diametral, absorção de água, índice de vazios, massa específica, *flow table test* e tempo de pega. Contudo, não foi adotada a mesma cura em todos os ensaios, por isso a Tabela 3 apresenta a relação entre ensaio e tempo de cura.

Ensaio	7 dias	28 dias	90 dias
Compressão	X	X	X
Tração	X	X	X
Abs Água	-	X	-
Ind. Vazios	-	X	-
M. Específica	-	X	-

Tabela 3 – Relação entre ensaio e tempo de cura para uma substituição

## 2.5 Moldagem e Desmoldagem

No dia da moldagem, as quantidades adequadas de água, tanto água potável quanto água cinza, são pesadas de acordo com as proporções estabelecidas para cada substituição. Em seguida, os materiais são misturados seguindo uma ordem consistente em todas as repetições: água → cimento → areia → pedrisco. Essa sequência de adição dos materiais é adotada para garantir uma distribuição homogênea e uniforme dos componentes durante a mistura. O cumprimento dessa ordem é fundamental para obter corpos de prova com características

e propriedades consistentes em todas as amostras.

Durante o processo de preenchimento dos moldes, foram realizadas quatro camadas sucessivas de aplicação do material. A cada camada, foram executados 30 golpes, com o objetivo de preencher os vazios e compactar adequadamente o concreto dentro do molde. Essa técnica de compactação por golpes ajuda a garantir a homogeneidade e a densidade do concreto, contribuindo para resultados confiáveis durante as etapas subsequentes de ensaios e análises.



Figura 4 – Moldes já preenchidos e golpeados, prontos para o período de secagem – fonte: Próprio Autor (2023)

Após o processo de moldagem dos corpos de prova, é necessário um período de aproximadamente 3 dias para que sejam desmoldados. Após o desmolde, os corpos de prova são imersos na água cinza coletada, onde ocorrerá o processo de cura. A imersão na água cinza durante o tempo de cura permite que o concreto desenvolva suas propriedades desejadas, como resistência e durabilidade, ao mesmo tempo em que se avalia o efeito da substituição da água potável pela água cinza no processo de cura.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1 Água Cinza

No Brasil, atualmente, não há uma normatização abrangente que regule especificamente o uso de água de reuso na construção civil. Diante dessa lacuna, Almeida (2022) adotou uma abordagem de combinação de legislações estaduais, considerando as regulamentações vigentes nos estados do Ceará, Rio Grande do Sul, Minas Gerais e São Paulo, que buscam estabelecer diretrizes para o uso não potável de água em atividades não agrícolas.



Figura 5 – Frasco da amostra de água cinza ao lado do frasco com água potável – fonte: Próprio Autor (2023)

Os resultados obtidos por meio das análises laboratoriais são apresentados na tabela 4. Com base nos parâmetros compilados por Almeida (2022), podemos inferir que a água cinza proveniente do banho demonstrou características consistentes e adequadas para sua aplicação na construção civil.

Análise	Valor	Unidade	Análise	Valor	Unidade
pH	6,987	-	Nitrito	0,2792	mgN <sup>-NO<sup>2-</sup></sup> /L
Condut.	207,0	MicroMHO	Nitrato	1,4	mgN <sup>-NO<sup>3-</sup></sup> /L
OD	6,27	O <sub>2</sub> /L	NTK	0,03%	%
Turbidez	199,07	NTU	DQO	1026,4	mgO <sub>2</sub> /L
Alcalinid.	88,094	mgCaCO <sub>3</sub> /L	Chumbo	<0,2	mg/L
Cloreto	51,094	mgCl <sup>-</sup> /L	Zinco	0,246	mg/L
Sulfato	23,00	mg/L	-	-	-

Tabela 4 – Resultados das análises da água cinza

#### 3.2 Concreto

Os ensaios para a determinação da resistência do concreto foram conduzidos na prensa hidráulica *Versa Tester*, com a aplicação de carregamento contínuo e livre de choques.

Como evidenciado na Tabela 5, em relação ao ensaio de compressão, a incorporação da água cinza na composição do concreto apresentou resultados positivos em termos de resistência, destacando-se especialmente na substituição 3, em que 50% da água utilizada é potável e 50% é água cinza. Por outro lado, a substituição 4 (25% de água potável e 75% de água cinza) apresentou o pior desempenho nas duas idades analisadas.

Apesar das diferenças observadas nos resultados entre as diversas idades e proporções de substituição, percebe-se que as variações nos valores não são significativas. Esse aspecto pode indicar uma consistência nas propriedades mecânicas do concreto.

Substituição	7 dias	28 dias	Média
1 - Controle	6609,2	8517,2	7563,2
2	6839,2	8462,4	7650,8
3	7072,8	8458	7765,4
4	6108,8	7583,6	6846,2
5	6714	7857,2	7285,6

Tabela 5 – Resultados dos ensaios de compressão do concreto em Kgf

### 4. CONCLUSÕES

O concreto, como um dos materiais fundamentais na construção civil, demanda um alto consumo de recursos naturais, incluindo água, pedrisco e areia. Diante desse cenário, torna-se crucial encontrar formas de reduzir o uso desses materiais a fim de preservá-los.

A incorporação da água cinza no concreto surge como uma alternativa promissora para promover práticas mais sustentáveis no setor da

construção. Ao utilizar a água cinza, é possível reduzir o consumo de água potável e contribuir para a preservação dos recursos naturais finitos.

Com base nos resultados obtidos neste estudo, podemos concluir que a água cinza proveniente do banho apresenta características que estão de acordo com os parâmetros das legislações estaduais brasileiras, o que a torna uma opção viável para utilização na construção civil.

Observou-se, ainda, que a incorporação da água cinza no concreto não ocasionou grandes variações nos valores de resistência do material. Esse aspecto é de fundamental importância para assegurar a confiabilidade e previsibilidade do comportamento estrutural do concreto. A manutenção de uma resistência consistente, mesmo com a utilização da água cinza, garante a segurança e a durabilidade das estruturas construídas com esse material.

No entanto, é necessário continuar investigando e aprofundando o estudo sobre a utilização da água cinza na construção civil. Ainda existem ensaios não realizados, devido ao tempo de cura necessário para o concreto, e são relevantes para compreendermos completamente o impacto e o desempenho da incorporação da água cinza nesse material.

## BIBLIOGRAFIA

Tonetti, A. L., Duarte, N. C., Santos, M. R. R., & Siqueira, G. H. (2019). **Environmentally friendly interlocking concrete paver blocks produced with treated wastewater**. *Water Supply*, 19(7), 2028–2035. doi:10.2166/ws.2019.078

ALMEIDA, M. E. P. **Influência da Incorporação do Esgoto Tratado a Nível Secundário e de**

**Agregados Reciclados em Compósitos Cimentícios**. 2022.

SHARP, J. H. **Surely we know all about cement – don't we?** *Advances in Applied Ceramics*, v. 105, n. 4, p. 162-174, 2006. DOI: 10.1179/174367606X115904.

DING, Chao et al. **Life cycle water footprint assessment of concrete production in Northwest China**. *Water Policy*, v. 23, n. 5, p. 1211-1229, out. 2021. DOI: 10.2166/wp.2021.009.

HERAVI, Gholamreza; ABDOLVAND, Mohammad Mehdi. **Assessment of water consumption during production of material and construction phases of residential building projects**. *Sustainable Cities and Society*, v. 51, p. 101785, 2019. ISSN 2210-6707. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101785>.

GHRAIR, Ayoup M. et al. **Influence of grey water on physical and mechanical properties of mortar and concrete mixes**. *Ain Shams Engineering Journal*, v. 9, n. 4, p. 1519-1525, 2018. ISSN 2090-4479. DOI: 10.1016/j.asej.2016.11.005. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2090447916301551>. Acesso em: 21/06/2023

NOUR, Edson Aparecido Abdul. **Procedimentos analíticos para águas de abastecimento, residuárias e sedimento**. Volume 1 - Análises de variáveis físicas e químicas. Março de 2016.