

## ANALISE DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO E DO TEMPO DE PEGA DE CONCRETOS CONFECIONADOS COM ÁGUAS DE REUSO

**CRISTIAN DA CONCEIÇÃO GOMES<sup>1</sup>**; **ALINE TABARELLI<sup>2</sup>**; **ISLAIRO MACHADO JUNIOR<sup>2</sup>**; **MARIA TEREZA POUEY<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*Universidade Federal do Rio Grande – cristianconceicao8@gmail.com*

<sup>2</sup>*Universidade Federal de Pelotas – tabarellialine@gmail.com; islairo@hotmail.com*

<sup>3</sup>*Universidade Federal de Pelotas – mtpouey@gmail.com*

### 1. INTRODUÇÃO

Na construção civil, tanto o cimento Portland, quanto água de amassamento, são materiais a serem destacados, devido aos grandes volumes empregados. O primeiro, por ser o principal material constituinte do concreto e o segundo, por desencadear a reação química do cimento, o que confere resistência ao concreto. O concreto é insubstituível em obras civis, sendo empregado em edificações, grandes barragens, estradas, pontes, tubos de concreto e mobiliário urbano.

O consumo de água em edificações se situa entre 0,4 e 0,7 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>, dependendo do porte da obra, com tendência ao limite inferior nas obras de menor porte. Para produzir 1 m<sup>3</sup> de concreto, utiliza-se entre 160 e 200 litros de água. Isso sem à consideração do consumo de água na cura de estruturas e para lavagem de equipamentos e utensílios (PESSARELLO, 2008).

A água é um componente importante na confecção e cura de concretos e argamassas e também é empregada em outras atividades, como limpeza, assim, é necessário um abastecimento adequado de água nos canteiros de obras, tanto para higiene pessoal quanto para outros preparos (SILVA, 2013).

A qualidade da água é de suma importância para o concreto, pois impurezas presentes nela podem interferir na pega do cimento, afetar negativamente a resistência do concreto ou causar manchamento de sua superfície, podendo causar ainda corrosão das armaduras (NEVILLE et al., 2010). Segundo NEVILLE (1997), existem três aspectos a serem considerados em relação à água de amassamento do concreto: a) qualidade da água: se for água tratada, em geral, pode ser considerada ótima para o concreto; b) quantidade de água por unidade de volume de concreto (l/m<sup>3</sup>), ou seja, o conteúdo de água que afeta bastante na trabalhabilidade da mistura; c) relação água/cimento.

Qualquer água pode ser utilizada como água de amassamento, desde que possua pH (grau de acidez) entre 6,0 e 8,0; sem sabor salino ou salobro é adequada ao uso, e a coloração escura ou odor não necessariamente implicam em dizer que existem substâncias deletérias. Com relação as “águas naturais levemente ácidas são inofensivas, no entanto, águas que possuam ácido húmico ou outros ácidos orgânicos podem afetar de forma negativa o endurecimento do concreto (NEVILLE et al., 2010).

Assim, este trabalho tem como objetivo analisar o comportamento de concretos produzidos com dois tipos de água: água de reuso da lavagem de caminhões betoneiras e água da chuva. Para tanto, foram avaliados a resistência à compressão do concreto, o tempo de pega do cimento e a qualidade das águas de assamento, de acordo com os parâmetros estipulados pela norma técnica ABNT NBR 15900/2009 (ABNT, 2009).

## 2. METODOLOGIA

O Programa experimental adotado constou de 4 etapas:

- Caracterização dos materiais e coleta das águas - foram caracterizados os agregados miúdo (areia quartzosa) e graúdo (granítico britado - britas 0 e 1) e o cimento (CP V ARI) . Também foram coletadas amostras das águas em estudo em quantidades suficientes para a realização do trabalho;
- Análise química da qualidade das águas, de acordo com ABNT NBR 15900/2009 (ABNT, 2009);
- Dosagem do concreto – determinação do traço do concreto pelo método do Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (IPT) (HELENE e TERZIAN, 1992);
- Ensaios - resistência à compressão, segundo ABNT NBR 5739/2007 (ABNT, 2007) e tempo de pega de acordo com as normas ABNT NBR 16607/2017 (ABNT, 2017); ANBT NBR NM 65/2002 (ABNT, 2002) e ABNT NBR NM 43/2002 (ABNT, 2002) para determinação da consistência normal da pasta.

Para avaliação da resistência à compressão, foram confeccionados 27 corpos de prova cilíndricos de 10x20 cm, moldados conforme a ABNT NBR 5738/2015 (ABNT, 2015), os quais foram curados por cura úmida e ensaiados nas idades de 3, 7 e 28 dias.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados estão apresentados de acordo com as etapas metodológicas.

- Análise química das águas – os resultados estão presentados na Tabela 1 e indicam que as águas estudadas obtiveram, na maioria dos testes, índices aceitáveis para água de amassamento de concreto de acordo com critérios da norma ABNT NBR 15900/2009 (ABNT, 2009). Cabe destacar que a água de reuso apresentou 3 itens - pH, cor e turbidez - com valores acima dos recomendados. Isto, provavelmente, decorre da presença de partículas cimentícias após a lavagem dos caminhões betoneiras. O elevado valor do pH, exige correção através de processo químico com o intuito de neutralizar o ph básico. A água da chuva não atendeu o recomendado somente no quesito cor.

Tabela 1 – Caracterização químicas das águas estudadas

Elemento	Quantidade Máxima	Água de reuso	Água da chuva
Cloreto	4.500 mg/L	72 mg/L	12 mg/L
Sulfato	2.000 mg/L	100mg/L	0mg/L
Alcalinidade	1.500 mg/L	500mg/L	0mg/L
Fosfato	100 mg/L	0,00 mg/L	0,46 mg/L
Nitrato	500 mg/L	8,8 mg/L	0,9 mg/L
Zinco	100 mg/L	0,15 mg/L	0,01 mg/L
Material Sólido	50.000 mg/L	6 mg/L	9 mg/L
pH	Entre 6 e 8	12,08	7,21
DBO	120 mgO <sub>2</sub> /L	6,00 mgO <sub>2</sub> /L	4,80 mgO <sub>2</sub> /L
Ferro	0,3 mg/L	0,05 mg/L	0,02 mg/L
Cor	até 5	100 UH	50 UH
Turbidez	até 5	40,1 NTU	2,29 NTU

- Dosagem do concreto – a dosagem visou garantir resistência de 25MPa, empregando a metodologia do IPT, para tanto, foi fixada a relação água/cimento em 0,5 e traço obtido foi 1: 2,1: 2,8. Cabe ressaltar que a utilização das britas 0 e 1 se deu na proporção de 20/80%, respectivamente.
- Tempo de pega – os resultados dos tempos de pega estão apresentados na Tabela 2, onde pode ser observado que os tempos de pega do cimento tiveram comportamento diferentes quando empregadas as diferentes águas em estudo. Com o emprego da água da chuva, o tempo de pega aumentou quando comparado com o uso da água de reuso, iniciando antes e finalizando depois.

Tabela 2 – Tempos de pega do cimento

	Tempo de pega	
	Água de reuso	Água da chuva
Início de pega	02h35min	02h11min
Fim de pega	04h50min	05h11min

- Resistência à compressão – os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 3 e, graficamente, na Figura 1. Os dados mostram que o comportamento da resistência à compressão, em todas as idades, é um pouco superior para o concreto amassado com a água da chuva.

Tabela 3 - Resistência à compressão, em 3 idades

Idades (dias)	Resistência à compressão (MPa)	
	Água de Reuso	Água da Chuva
3	21,75	23,73
7	32,22	33,41
28	41,22	43,15
Desvio Padrão	9,74	9,71
Coeficiente de Variação	94,90	94,23



Figura 1 – Valores médios da resistência à compressão, em 3 idades.

## 4. CONCLUSÕES

As águas estudadas se mostraram adequadas para o uso como água de amassamento do concreto. A água da chuva, além de apresentar composição química compatível com as exigências das normas técnicas, obteve resistências à compressão do concreto ligeiramente superiores. A água de reuso da lavagem de caminhões betoneira também mostrou resultados satisfatórios, porém, apresentou pH bastante elevado, acima do recomendado para uso como água de amassamento, com isso, se torna necessário um processo químico para neutralizar o pH básico.

O emprego de águas alternativas em relação à água tratada fornecida pela rede de abastecimento urbana, é viável, pois garantiu desempenho satisfatório do concreto, além de contribuir para redução de custos, combate à poluição dos recursos hídricos, que sofreriam com o descarte da água de lavagem dos caminhões betoneiras, enfim, para a sustentabilidade do setor da construção civil.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

\_\_\_\_\_. **NBR 15900-4: Análise química – Parte 4: Determinação de zinco solúvel em água.** Rio de Janeiro, 2009. (Partes 3, 6, 7, 8, 9 e 10)

\_\_\_\_\_. **NBR 5738:2015 – Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova.** Rio de Janeiro, 2015.

\_\_\_\_\_. **NBR 5739:2018 – Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos.** Rio de Janeiro, 2018.

\_\_\_\_\_. **NBR NM 65:2002 Cimento Portland – Determinação do tempo de pega.** Rio de Janeiro, 2002.

\_\_\_\_\_. **NBR 16607:2017 – Cimento Portland – Determinação dos tempos de pega.** Rio de Janeiro, 2017.

\_\_\_\_\_. **NBR NM 43:2002 – Cimento Portland – Determinação da pasta de consistência normal.** Rio de Janeiro, 2002.

HELENE, Paulo; TERZIAN, Paulo. **Manual de dosagem e Controle do Concreto.** São Paulo: Pini, 1992.

NEVILLE, A.M; et al. **Tecnologia do Concreto.** São Paulo: Pini, 2010.

NEVILLE, A.M. **Propriedades do Concreto.** São Paulo: Pini, 1997.

PESSARELLO, R. G. **Estudo Exploratório quanto ao consumo de água na produção de obras de edifícios: avaliação e fatores influenciadores.** Monografia (Graduação) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.