

## **Influência da água de reuso no calor de hidratação do cimento**

*Influence of wastewater on heat of cement hydration*

*Influencia de la reutilización del agua sobre el calor de la hidratación del cemento*

**Carolina Carneiro de Freitas Scaquetti**

Mestranda, PUC-Campinas, Brasil  
carolinacfreitas@hotmail.com

**Lia Lorena Pimentel**

Professora Doutora, PUC-Campinas, Brasil  
lialp@puc-campinas.edu.br

## 1 INTRODUÇÃO

O aumento da população mundial e das atividades industriais e a poluição dos corpos hídricos causaram um desequilíbrio na relação de oferta e demanda por água potável. Surgiram algumas possíveis soluções, como a redução do consumo de água potável e o uso de água com menos qualidade para atividades que exijam um menor padrão de potabilidade. A água de reuso representa em uma possibilidade de utilizá-la para atividades que exijam menor qualidade e conseqüentemente conservar água potável para fins mais nobres.

A indústria da construção civil é uma das que mais consomem água em suas atividades e o interesse por utilizar água de reuso na construção civil vem crescendo em momentos de escassez, como a crise hídrica que o Brasil enfrentou em 2014, e a constante preocupação com a sustentabilidade.

O Brasil produziu 53.458.194 toneladas de cimento em 2018 (SNIC, 2018), considerando que em média são consumidos 250kg de cimento para cada 1m<sup>3</sup> de concreto, com uma relação água cimento de 0,5, chegaríamos a um consumo de 106.916.33m<sup>3</sup> de água somente para produção de concreto.

A NBR 15900-1 (2009) atesta que a água de torneira é adequada para ser utilizada como água de amassamento. Caso venha de outras fontes, a norma apresenta os requisitos para a água de amassamento de acordo com exigências físicas e químicas, tempo de pega e resistência a compressão.

Este estudo pretende ampliar o campo de uso da água de reuso na construção civil, diminuir o consumo de água potável para a produção de concreto e conseqüentemente diminuir os impactos da construção civil ao meio ambiente.

## 2 OBJETIVOS

Esta pesquisa analisou a influência da água de reuso na reação de hidratação do cimento a partir do calor de hidratação, com o objetivo de aumentar o conhecimento sobre a influência da água de reuso na produção de concreto, e desse modo incentivar a Sustentabilidade na Construção Civil.

## 3 METODOLOGIA

Para o desenvolvimento do trabalho foram empregados os cimentos CP II F 32, CP IV 32 e CP V ARI. Foram utilizadas duas fontes diferentes de água: água de torneira, abastecido a partir da concessionária SANASA, e água de reuso proveniente da Estação Produtora de Água de Reuso (EPAR), localizada na Região Metropolitana de Campinas (RMC).

A água de reuso foi captada dia 04 de julho de 2019 às 08h23. A turbidez da água indicada no turbidímetro era de 0,071 NTU. A água ficou acomodada em ambiente fechado.

Para o desenvolvimento do ensaio do calor de hidratação foi realizado um ensaio semelhante ao proposto por Pimentel (2000). Foi utilizada uma caixa térmica de plástico com um furo na tampa para a passagem de sensores. Dentro da caixa foram posicionados 04 copinhos de isopor, isolados com uma placa de isopor, um para cada amostra de pasta de cimento.

A temperatura foi aferida a partir de 04 termistores calibrados em laboratório com termômetro de mercúrio. Os dados foram processados por uma placa de arduíno e armazenados em um cartão de memória. A placa foi programada para realizar medições em intervalos de 15 minutos durante 24 horas. A curva do calor de hidratação foi determinada através da média das temperaturas de duas amostras da mesma mistura.

Cada pasta de cimento foi constituída por 200g de cimento e 50g de água, obtendo assim uma relação água/cimento de 0,25. Foram misturadas 04 pastas de cimento, duas com água potável e duas com água de reuso para cada amostra de cimento. Cada pasta foi acondicionada em saquinhos de plásticos, os sensores foram encapados com filme de PVC, para facilitar a retirada, e colocados no meio da pasta para aferir a temperatura.

**Quadro 1: Amostras para ensaio de Calor de hidratação do cimento**

Cimento	Água potável	Água de reuso
CP II F 32	CP II F 32 + Torneira	CP II F 32 + Reuso
CP IV 32	CP IV 32 + Torneira	CP IV 32 + Reuso
CP V ARI	CP V ARI + Torneira	CP V ARI + Reuso

Fonte: AUTOR (2019)

A finalidade do ensaio era colocar todas as amostras nas mesmas condições de temperatura e umidade, para aferir se existe redução da temperatura da reação de hidratação. Os resultados são apresentados de acordo com a diferença de temperatura aferida no pico do calor de hidratação.

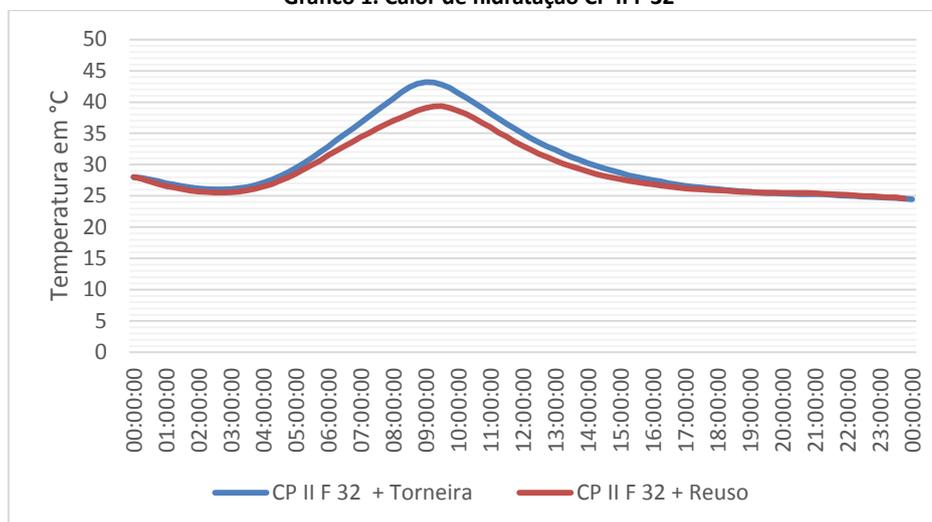
Foram levantadas as características químicas da água de reuso e comparou-se com as especificações para a água de amassamento conforme a NBR 15900-1 (2009). Além disso, foi realizado o ensaio para verificar do teor do açúcar presente na água de acordo com a NBR 15900-11 (2009).

## 4 RESULTADOS

### 4.1 CALOR DE HIDRATAÇÃO DO CIMENTO

O Gráfico 1 apresenta a curva do calor de hidratação do CP II F 32:

**Gráfico 1. Calor de hidratação CP II F 32**

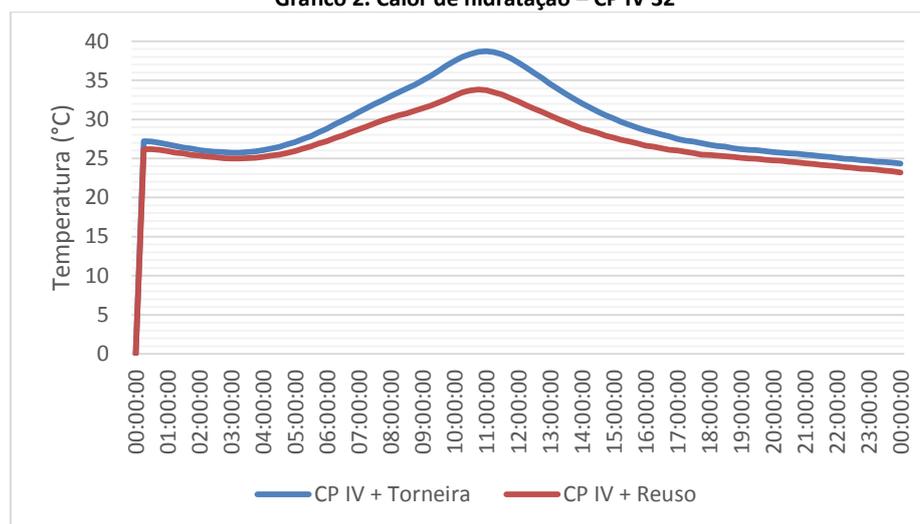


Fonte: AUTOR (2019)

O horário de pico da amostra com água de torneira aconteceu às 9h00 do início do ensaio e a água de reuso aconteceu às 9h45, portanto houve um atraso de 0h45. A temperatura da mistura com água de reuso foi 8,9% menor.

O Gráfico 2 apresenta a curva do calor de hidratação do CP IV 32:

**Gráfico 2. Calor de hidratação – CP IV 32**

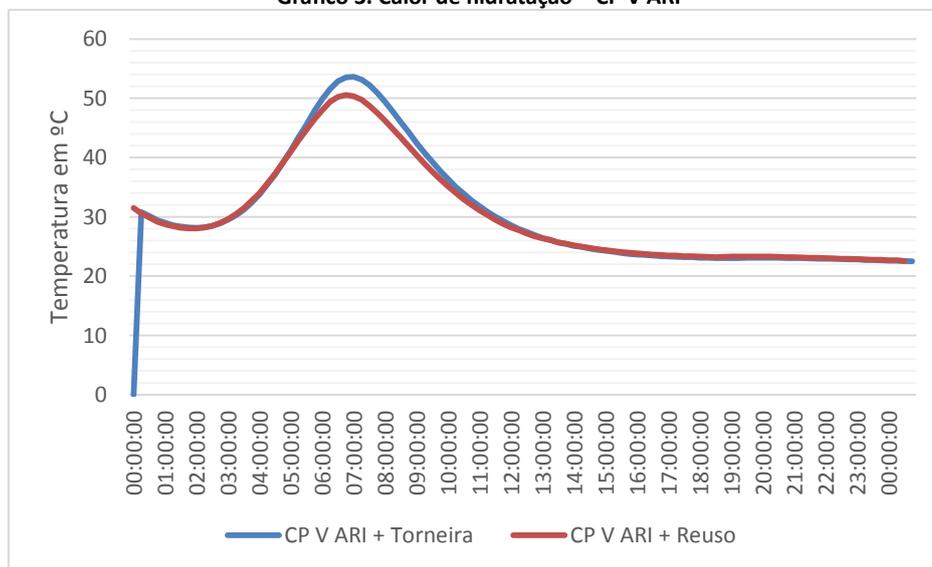


Fonte: AUTOR (2019)

O horário de pico da amostra com água de torneira aconteceu às 11h00 e a água de reuso aconteceu às 10h45. Portanto houve uma antecipação de 0h15. A temperatura da mistura com reuso foi 12,7% menor.

O Gráfico 3 apresenta a curva do calor de hidratação do CP V ARI:

Gráfico 3. Calor de hidratação – CP V ARI



Fonte: AUTOR (2019)

O horário de pico das amostras ocorreu no mesmo horário, às 7h00. A temperatura da mistura com reuso foi 5,7% menor.

#### 4.2 ANÁLISE QUÍMICA

A SANASA disponibilizou a média dos resultados das análises realizadas na água de reuso durante os meses de janeiro a agosto de 2019.

Todos os parâmetros atendem aos requisitos da NBR 15900-1 quanto as análises químicas conforme pode-se observar na Tabela 1, porém a concessionária não realiza o ensaio de presença de açúcar na água. Como houve uma redução da temperatura, resolveu-se verificar se o açúcar estava presente na amostra, o que afetaria a reação de hidratação.

Tabela 1: Ensaios químicos

Determinação	SANASA	NBR 15900-1 (teor máximo)	Observação
pH	6,9 – 7,6	≥ 5	
Cloretos	100 mg/l	1.000 mg/l	Concreto armado
Sulfatos	43,25 mg/l	2.000 mg/l	
Álcalis	54 mg/l	1.500 mg/l	
Açúcares	Não analisado	100 mg/l	
Fosfatos	2,7 mg/l	100 mg/l	
Nitratos	11,7 mg/l	500 mg/l	
Chumbo	< 0,01 mg/l	100 mg/l	
Zinco	0,045 mg/l	100 mg/l	
Material sólido	448 mg/l	50.000 mg/l	

Fonte: AUTOR (2019)

No ensaio qualitativo a amostra apresentou uma cor violeta, o que indica a presença de açúcar. Procedeu-se o ensaio quantitativo onde foi verificada a presença de 303,97 mg/l, sendo que a norma permite a presença de 100 mg/l.

## 5 CONCLUSÃO

O calor de hidratação do cimento foi influenciado pelo uso da água de reuso, sendo que o cimento que obteve maior diferença foi o CP IV 32. Isso pode ser explicado devido a adição de pozolana existente neste tipo de cimento.

Uma possível explicação para a presença de açúcar na água é que o tratamento por membranas adotado pela estação de tratamento não retém esse tipo de composto diluído. Para água de reuso com esse teor de açúcar acima do limite da norma aconselha-se a utilização desta água após um tratamento que elimine o açúcar ou que sua utilização na produção de concreto seja diluída com água de torneira.

Recomenda-se, para trabalhos futuros, analisar outras propriedades da hidratação do cimento influenciadas pela água como o tempo de pega e consistência da pasta de cimento. Medir a resistência a compressão do cimento com diferentes qualidades de água de reuso.

## 6 AGRADECIMENTOS

A Pontifícia Universidade Católica de Campinas pela Bolsa Capacitação concedida. A SANASA pela doação. Aos técnicos de laboratório Pedro Alexandre Lopes e Ricardo Sarti Jimenez.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **15900: Água para amassamento do concreto. Parte 11: Análise química - Determinação de açúcar solúvel em água.** Rio de Janeiro, 2009.

PIMENTEL, Lia Lorena. **Telhas onduladas à base de cimento portland e resíduos de Pinus caribaea.** 2000. 82 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Agrícola, Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.

SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DO CIMENTO (Brasil). **PRODUÇÃO NACIONAL DE CIMENTO POR REGIÕES E ESTADOS (t).** 2018. Disponível em: <<http://snic.org.br/numeros-industria.php>>. Acesso em: 07 out. 2019.