



EIXO TEMÁTICO:

- () Ambiente Construído e Sustentabilidade
- () Arquitetura da Paisagem
- () Cidade, Paisagem e Ambiente
- () Cidades Inteligentes e Sustentáveis
- () Engenharia de Tráfego, Acessibilidade e Mobilidade Urbana
- (X) Meio Ambiente e Saneamento
- () Patrimônio Histórico: Temporalidade e Intervenções
- () Projetos, Intervenções e Requalificações na Cidade Contemporânea

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 consequentemente 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 1m³ de concreto, com uma relação água cimento de 0,5, chegaríamos a um consumo de 106.916.33m³ 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 consequentemente 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)

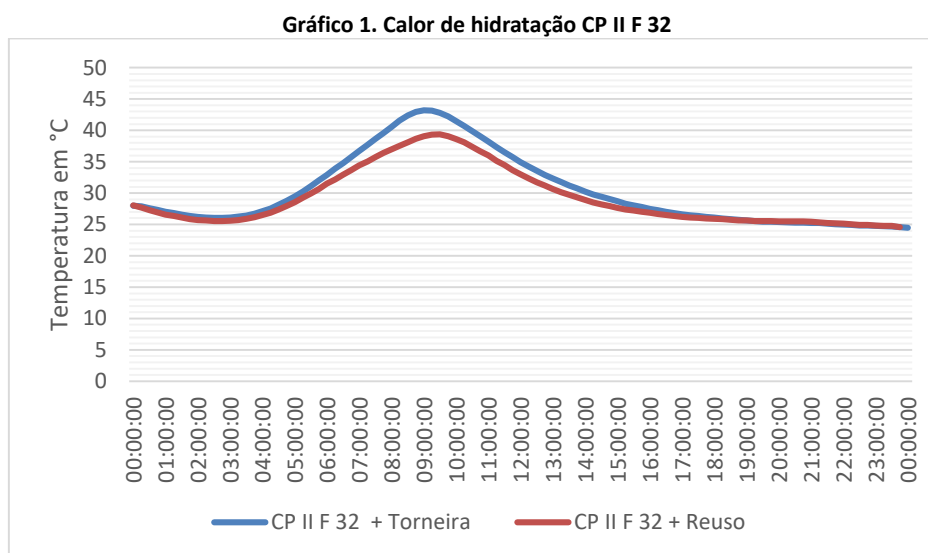
A finalidade do ensaio era colocar todas as amostras nas mesmas condições de temperatura e umidade, para aferir se existe redução da temperatura da reação de hidratação. Os resultados são apresentados de acordo com a diferença de temperatura aferida no pico do calor de hidratação.

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

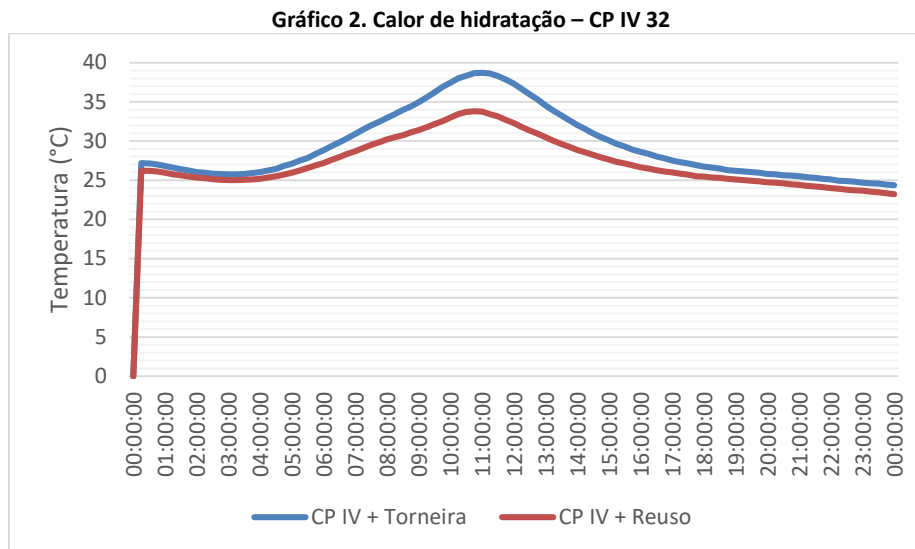
O Gráfico 1 apresenta a curva do calor de hidratação do CP II F 32:



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.

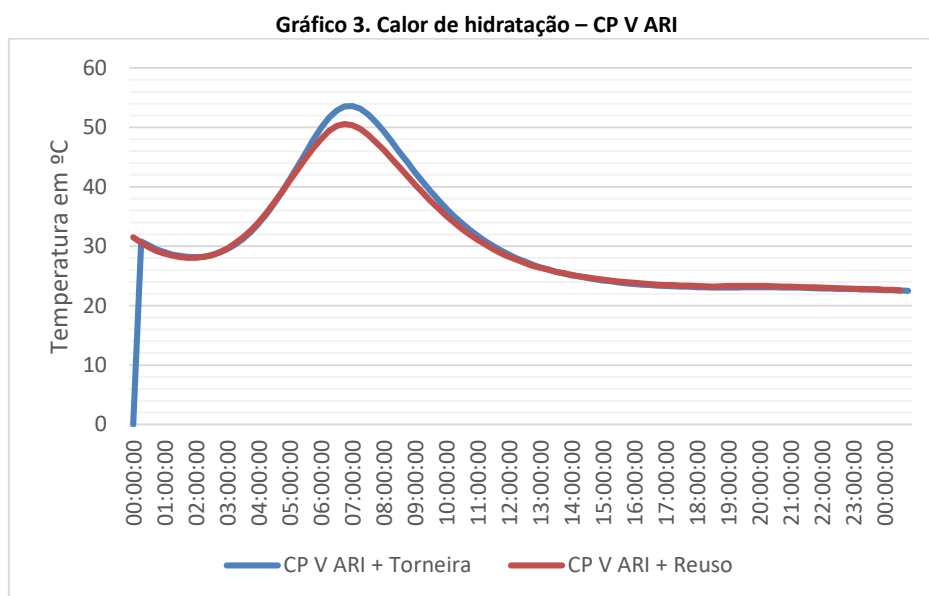
O Gráfico 2 apresenta a curva do calor de hidratação do CP IV 32:



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:



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.