

01 a 04 de outubro de 2018

**Evento:** Bolsistas PET

**VERIFICAÇÃO DO COMPORTAMENTO DE CONCRETO SUBMETIDO À  
ALTAS TEMPERATURAS COM A SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DA AREIA PELA  
FIBRA DA RECAPAGEM DO PNEU<sup>1</sup>**

**VERIFICATION OF CONCRETE BEHAVIOR SUBMITTED TO HIGH  
TEMPERATURES WITH PARTIAL REPLACEMENT OF THE SAND BY THE  
FIBER OF TIRE RECOVERY**

**Gabriela Da Silva Da Costa<sup>2</sup>, Giovanni Dos Santos Batista<sup>3</sup>, Thainá Yasmin  
Dessuy<sup>4</sup>, Lidiane Da Silva Carvalho<sup>5</sup>, Lucas Fernando Krug<sup>6</sup>**

<sup>1</sup> Pesquisa do DCEENG, vinculada ao projeto de pesquisa institucional da UNIJUI

<sup>2</sup> Aluna do Curso de Graduação em Engenharia Civil da UNIJUI, bolsista PET Engenharia Civil UNIJUI, gah.bressam@gmail.com

<sup>3</sup> Graduado do Curso de Graduação em Engenharia Civil da UNIJUI, ex-bolsista PET Engenharia Civil UNIJUI, giovannisantobatista@hotmail.com

<sup>4</sup> Aluna do Curso de Graduação em Engenharia Civil da UNIJUI, bolsista PET Engenharia Civil UNIJUI, thaiydessuy@hotmail.com

<sup>5</sup> Aluna do Curso de Graduação em Engenharia Civil da UNIJUI, integrante do grupo PET Engenharia Civil UNIJUI, lidiane.carvalho.sob@hotmail.com

<sup>6</sup> Professor Mestre do Curso de Graduação em Engenharia Civil da UNIJUI, Orientador, lucas.krug@unijui.edu.br

## INTRODUÇÃO

No último século houve a evolução da população, seguida da forte industrialização, que colaborou para o alto crescimento de resíduos, sendo eles biodegradáveis e não biodegradáveis, que vêm causando um processo contínuo de deterioração ambiental, implicando inclusive na qualidade de vida do homem (BIDONE, 1999).

Selung (2012) comenta que o Brasil possui grandes reservas minerais e algumas são as maiores do mundo, diante disso os recursos não renováveis são os mais utilizados do meio ambiente e acabam não sendo repostos, esgotando a cada extração realizada. Um dos maiores consumidores de matérias primas naturais é o setor da construção civil. Estima-se que esse setor consuma cerca de 20 a 50% do total de recursos naturais (FREITAS, 2007). Dessa forma, buscar novas soluções para manter o equilíbrio vem se tornando cada vez necessário, pois assim, todos podem usufruir dos recursos naturais juntamente com a menor agressão ao meio ambiente (ÂNGULO, 2000).

De acordo com Segre (1999), a questão da adição de resíduos no concreto é bastante estudada por este setor e alguns exemplos são: carpetes, garrafas PET, resíduos de serragem, mármore e granito, cinza de bagaço de cana de açúcar, cinza de casca de arroz e resíduos de pneu. Conforme Morales, Campos e Faganello (2011), quando a temperatura do concreto chega em cerca de 250°C a 400°C, ocorre um fenômeno conhecido como explosive spalling, ou lascamento explosivo, que é o destacamento de pequenas placas. A partir disso, objetiva-se verificar a possibilidade de

01 a 04 de outubro de 2018

**Evento:** Bolsistas PET

reaproveitamento dos resíduos de pneu, que causam grande impacto ambiental e ainda são capazes de transmitir características ao concreto, como a tenacidade, que pode auxiliar na redução do lascamento explosivo durante o aquecimento.

#### METODOLOGIA

A metodologia experimental empregada foi subdividida em etapas: caracterização dos materiais, estudo de dosagem, moldagem dos corpos de prova, ensaios mecânicos e de durabilidade do concreto. Primeiramente, foi realizada a caracterização dos materiais através da caracterização do resíduo da recapagem do pneu pelo ensaio do Frasco de Le Chatelier (NBR NM 23/2000), massa específica solta e compactada (NBR NM 45/2006) e granulometria para o módulo de finura e diâmetro máximo (NBR 7217/1987). Para início dos testes realizou-se a dosagem do concreto referência pelo método ABCP, adotando resistência aos 28 dias de 25 Mpa e uma trabalhabilidade de 100mm. Após confeccionado o concreto referência, foram realizadas as dosagens das amostras com substituição do agregado miúdo pelo resíduo de pneu, nas percentagens de 5%, 10%, 15% e 20% e confeccionados. O procedimento experimental foi constituído pela moldagem dos corpos de prova, seguido da cura dos mesmos em câmara úmida e realização de ensaios para avaliação do desempenho mecânico e de durabilidade.

#### RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com base na realização nos ensaios realizados de compressão dos corpos de prova, para o traço referência e os teores substituídos de 5, 10, 15 e 20%, foram analisadas as resistências à compressão obtidas, demonstradas no gráfico 1.

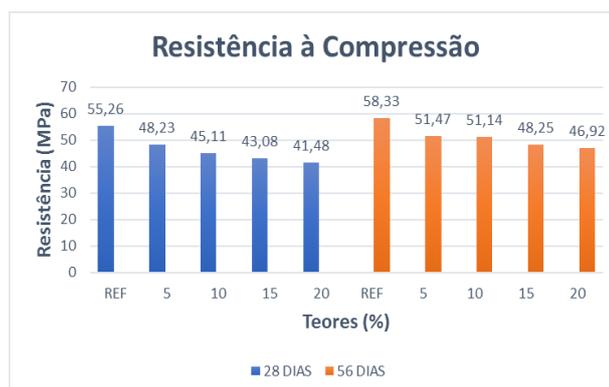


Gráfico 1: Resistência à compressão simples

Percebe-se que nenhum resultado superou o traço referência em ambas as idades, além de que quanto maior a quantidade de areia substituída pela fibra da borracha de pneu, menor é a resistência, podendo ser dito que ocorre uma redução linear da resistência à compressão. O que pode ser observado em geral é que todas as resistências foram maiores do que as estipuladas pelo

01 a 04 de outubro de 2018

**Evento:** Bolsistas PET

método de dosagem (25 MPa). Isso pode ser explicado porque a base para início da moldagem era o abatimento, que foi atingido com um fator água/cimento menor que o calculado.

Quanto ao ensaio de módulo de elasticidade, foi realizado aos 28 dias de idade, para os teores de substituição da areia pela fibra de 5, 10 15 e 20% e os resultados podem ser observado no gráfico 2.

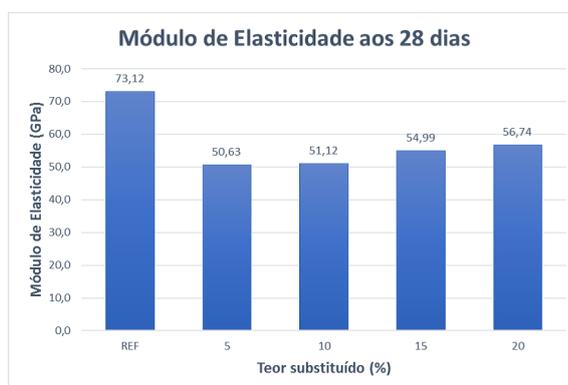


Gráfico 2: Módulo de Elasticidade

O valor do módulo de elasticidade aumentou de acordo com o aumento do teor de substituição da areia pela fibra de borracha. O teor de 10% obteve um valor de 51,12 GPa, o teor de 15%, um valor de 54,99 GPa e o teor de 20% um módulo de elasticidade 56,74 GPa.

Ao comparar os resultados de resistência a compressão simples e o módulo de elasticidade, ambos aos 28 dias de idade, percebe-se que houve uma proporção direta dos resultados somente do concreto referência para o concreto com teor de 5%, onde a resistência à compressão reduziu de 55,26 MPa para 48,23 MPa, e o módulo de elasticidade de 100,04 GPa para 50,63 GPa, como pode ser comprovado pelo gráfico 3.

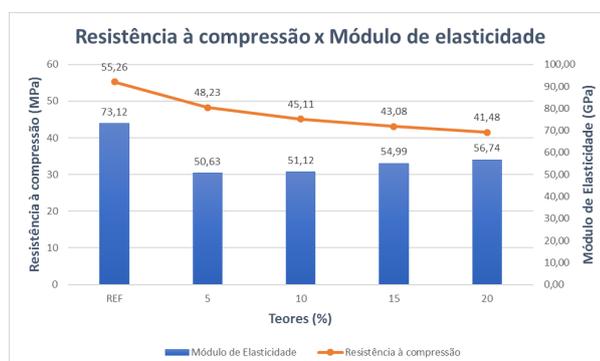


Gráfico 3: Resistência a compressão x módulo de elasticidade

No teor seguinte, de 5%, mesmo com a redução da resistência à compressão de 48,23 MPa para

01 a 04 de outubro de 2018

**Evento:** Bolsistas PET

45,11 MPa, o módulo de elasticidade aumentou de 50,63 GPa para 51,12 GPa e, neste momento, a proporção entre resistência à compressão e módulo de elasticidade se tornou indireta. Para a absorção por capilaridade, realizado também aos 28 dias de idade, foi possível determinar quanto será a absorção do corpo de prova, sendo aquele com maior valor, o que mais sofrerá com as intempéries do tempo, podendo, futuramente, ocasionar a oxidação das armaduras, comprometendo a estrutura de um edifício.

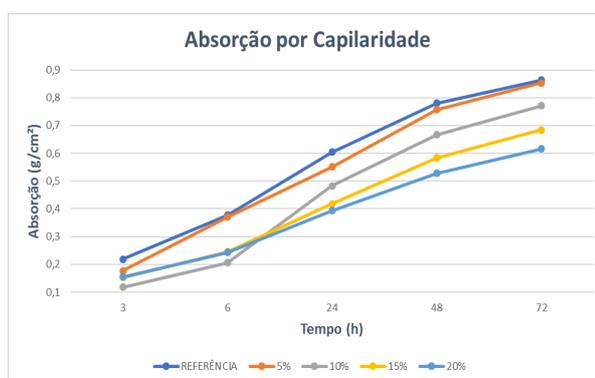


Gráfico 4: Absorção por capilaridade

O traço do concreto referência foi o que mais absorveu água durante o ensaio, com uma absorção de 0,8638 g/cm<sup>2</sup> e o teor que menos absorveu água foi o de 20%, com apenas 0,6160 g/cm<sup>2</sup>. Foi realizado o ensaio de carbonatação para os corpos de prova na idade de 28 dias e, o que pôde-se perceber, foram apenas indícios de carbonatação nos corpos de prova do concreto referência e no teor de substituição de 5%, não sendo possível medir a profundidade da carbonatação, como é possível verificar nas figuras 1 e 2.



Figura 1: Carbonatação do concreto referência



Figura 2: Carbonatação do concreto com substituição de 5%

CONSIDERAÇÕES FINAIS

01 a 04 de outubro de 2018

**Evento:** Bolsistas PET

É possível afirmar que a presença de fibras no concreto não representa diferença significativa quanto a trabalhabilidade, pois tanto o concreto referência quanto os com substituição apresentaram um abatimento muito similar. Já quanto a massa específica do mesmo, houve uma redução proporcional ao aumento do teor de resíduo utilizado. Para o desempenho mecânico, o destaque é dado ao concreto referência, atingindo valores de resistência superiores ao determinado em dosagem, isso devido à redução da quantidade de água necessária ao abatimento estipulado, explicando também o comportamento dos concretos com substituições, que precisaram de mais água para atingir a consistência, e inclusive melhorar a condição do resíduo do pneu que adere ao concreto uma elevada presença de ar incorporado. Quanto aos ensaios de altas temperaturas, ainda o concreto referência se evidencia novamente, a temperatura que merece destaque é a de 100°C num âmbito geral. Já quanto ao maior valor de resistência desenvolvido, o teor de 10% de substituição submetido a 300°C se comportou de forma a superar a temperatura ambiente. A presença de vazios foi analisada pelo ensaio de absorção por capilaridade, que comprovou que a presença do resíduo de pneu reduz a capacidade de absorção desses concretos, isso pois há redução da ligação da matriz cimentícia entre agregados e pasta do concreto.

Através da avaliação dos resultados apresentados pelos ensaios mecânicos e de durabilidade, conclui-se que o concreto é aplicável em pisos em função de seu módulo de elasticidade, resistindo a maiores impactos. Além de reduzir o peso da estrutura em função da baixa massa específica. Também, o concreto pode ser aplicado em paredes sem função estrutural utilizadas apenas para revestimento. Entretanto, não foi possível verificar seu comportamento quanto ao lascamento explosivo devido o fato de não haver contato direto do material com a chama, apenas a elevação da temperatura.

Palavras-chave: Altas Temperaturas; Resíduos de Pneus; Concretos Recicladados.

Keywords: High Temperatures; Waste Tires; Recycled Concretes.

#### AGRADECIMENTOS

Ao MEC-SESu pela participação do Programa de Educação Tutorial, ao laboratorista Luiz Donato e ao Laboratório de Engenharia Civil da UNIJUI (LEC).

#### REFERÊNCIAS

ANGULO, Sérgio Cirelli. Variabilidade de agregados graúdos de resíduos de construção e demolição reciclados. 2000. 155 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

BIDONE, Francisco Ricardo Andrade. Metodologias e Técnicas de Minimização, Reciclagem, e Reutilização de Resíduos Sólidos Urbanos. Programa de Pesquisa em Saneamento Básico, Rio de Janeiro/RJ. 1999. 64 p.

FREITAS, Camila; GALVÃO, José Carlos Alves; PORTELLA, Kleber Franke; JOUKOSKI, Alex; GOMES FILHO, Carlos Vicente; FERREIRA, Elizeu Santos. Desempenho físico-químico e mecânico de concreto de cimento Portland com borracha de estireno-butadieno reciclada de pneus. Revista Química Nova, v. 32, n. 4, p. 913-918, jan. 2009.

MORALES, Gilson; CAMPOS, Alessandro; FAGANELLO, Adriana M. Patriota. A ação do fogo sobre

01 a 04 de outubro de 2018

**Evento:** Bolsistas PET

os componentes do concreto. In: Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas, Londrina, v. 32, n. 1, p. 47-55, jan./mar. 2011.

SEGRE, Nádia Cristina. Reutilização de borracha de pneus usados como adição em pasta de cimento. 1999. 104 f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, São Paulo/SP. 1999.

SELUNG, C. S. Estudo do uso de borracha de pneu em concreto para confecção de blocos vibro prensados. Monografia. Dissertação (Trabalho de Conclusão de Curso) - Universidade Comunitária da Região de Chapecó - UNOCHAPECÓ, Chapecó/SC. 2012.