

## INFLUÊNCIA DO RESÍDUO *GRITS* DA FABRICAÇÃO DA CELULOSE NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE UMA ARGAMASSA

André Luís de Oliveira Júnior<sup>1</sup>, Adonai Gomes Fineza<sup>2</sup>, Marcell José Andrade Oliveira<sup>3</sup>

**Resumo:** A utilização de materiais reciclados na construção pode se configurar num importante canal de eliminações de resíduos urbanos que de outra forma seriam depositados em qualquer lugar aumentando o custo de deposição e tratamento, afetando o meio ambiente de forma agressiva e sem controle. Objetivou-se nessa pesquisa avaliar o efeito da substituição de 10%, 15% e 20% do agregado miúdo (areia quartzosa) por resíduo *grits* em uma argamassa e estudar as propriedades mecânicas de tração na flexão e compressão da argamassa ecológica. Os resultados demonstraram que a inserção de resíduo *grits* na argamassa aumentou a capacidade da argamassa em resistir a tensões de compressão (C) e tração na flexão (TnF). Os resultados obtidos nesta pesquisa podem ser utilizados para previsão de valores de eficiência de compressão e tração em função dos parâmetros operacionais de substituição de *grits*, o que pode estimular o uso de argamassa ecológica por empresas produtoras do resíduo.

**Palavras-chave:** compressão, *grits*, reciclagem, substituição, tração na flexão.

### Introdução

Segundo a Indústria Brasileira de Celulose, o Brasil é o quarto maior produtor mundial de celulose, fabricando 9% de todo material produzido no mundo. No Brasil, o principal processo de obtenção

<sup>1</sup> Mestrando em Engenharia Civil – UFV. E-mail: oliveiraandre66@yahoo.com.br

<sup>2</sup> Professor e coordenador do curso de Engenharia Civil –FAVIÇOSA/UNIVIÇOSA. e-mail: engecivil@univicoso.com.br

<sup>3</sup> Graduando em Engenharia Civil –FAVIÇOSA/UNIVIÇOSA. E-mail: marcellolivier17@gmail.com

de celulose é o *kraft*. Segundo Gullichen e Fogelholn (2000), esse processo também é conhecido como “sulfato”, pois é utilizado o sulfato de sódio ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) e produz em grande o *grits*, resíduo sólido industrial, Classe II A que não apresenta deposição final adequada.

Para dar destinação correta a esses tipos de materiais descartados, desde o século XX materiais alternativos vêm sendo utilizados em uma grande variedade de produtos por causa de suas propriedades favoráveis, como durabilidade, baixa densidade, facilidade de fabricação e baixo custo (EUROPE, 2013). Aliado a isso, a necessidade de preservação de recursos naturais combinada com a necessidade de dispor os resíduos gerados nos processos industriais de maneira adequada, tornando as atividades humanas mais sustentáveis, tem sido objeto de estudos de construtoras e das instituições de pesquisa nos últimos anos (GU e OZBAKKALOGLU, 2016).

De característica arenosa, o *grits* apresenta segundo Machado et al. (2003): 20% de Ca (cálcio) sendo 42% deste, na forma de CaO (óxido de cálcio) e 79% de  $\text{SiO}_2$  (dióxido de silício). De acordo com as características apresentadas pelo resíduo *grits*, surge então a possibilidade do aproveitamento desse resíduo para a produção de argamassa, material utilizado em grande escala na construção civil. Este uso pode trazer bom desempenho aliados ao baixo custo, além de suprir as necessidades exigidas pelas técnicas construtivas.

Visto o exposto, este trabalho objetivou avaliar o efeito da substituição de 10%, 15% e 20% do agregado miúdo (areia quartzosa) por resíduo *grits* em uma argamassa e estudar as propriedades mecânicas de tração na flexão e compressão da argamassa ecológica.

## Material e Métodos

O *grits*, material a ser substituído parcialmente pelo agregado miúdo, foi obtido através da fabricação da celulose pelo processo de *kraft* realizado pela CENIBRA – Celulose Nipo-Brasileira S.A. (-19,3143; -42,3977). Para a determinação de

suas propriedades foram realizados os ensaios de composição granulométrica explicitado na NBR NM 248 e massa unitária através da NBR NM 45. Os resultados obtidos foram de dimensão máxima característica de 3,2mm, módulo de finura de 2,61 e massa unitária de 1,327 kg dm<sup>-3</sup>.

Para a mistura da argamassa foi utilizado o conjunto de argamassadeira de movimento planetário, com cuba de 5 litros da SOLOTEST e para a moldagem dos corpos de prova foram utilizadas formas prismáticas metálica com três compartimentos de 4x4x16cm da SOLOTEST. Para realizar os ensaios de compressão e tração na flexão foi utilizada a Prensa Eletrohidráulica com Indicador Digital Gráfico, da SOLOTEST.

Foram necessários moldar 12 corpos-de-prova sendo 3 corpos-de-prova para os ensaios de flexão, compressão e densidade de massa da a argamassa de referência bem como 3 corpos-de-prova para cada porcentagem de substituição apresentada (10%, 15% e 20%). A determinação dos valores referentes às variáveis respostas foi realizada no 28º dia de moldagem, por se tratar da data em que a argamassa atinge sua resistência de projeto. A argamassa referência foi dosada (em volume) numa proporção de cimento: cal: areia de 1:2:9. Para transformar o traço em volume para traço em massa, foi necessário realizar um cálculo experimental levando em conta a massa unitária de cada material em questão. Na Tabela 1 está apresentado o traço em massa após a transformação de unidades conforme as porcentagens apresentadas.

Tabela 1 – Traço em massa com a proporção de todos os materiais para as devidas porcentagens de *grits*.

	<b>Cimento</b>	<b>Cal</b>	<b>Areia</b>	<b>Grits</b>
<b>0,0%</b>	1	:	1,099	:
<b>10,0%</b>	1	:	1,099	:
<b>15,0%</b>	1	:	1,099	:
<b>20,0%</b>	1	:	1,099	:
				*
				1,244
				1,87
				2,49

Para os resultados da influência do resíduo *grits* em argamassa será utilizado o programa computacional estatístico, STATISTICA 8.0® (StatSoft, Tulsa, OK, EUA), para a manipulação dos dados e análise dos resultados. A técnica estatística utilizada para análise dos dados será a Análise de Variância (ANOVA – Analysis of Variance).

## Resultados e Discussão

Na Tabela 2 e na Figura 1 e 2 estão apresentados os valores de resistência que caracterizam a resistência à compressão e dos resultados de resistência à flexão da argamassa com adição de *grits* e de referência, utilizados nos ensaios.

Tabela 2. Valores de resistência encontrados como resposta para os testes de compressão (C) e flexão (TnF) para os 28º dias de moldagem.

%G	TnF	C
<b>0,00%</b>	0,497	1,375
<b>10,00%</b>	0,494	1,453
<b>15,00%</b>	0,589	1,778
<b>20,00%</b>	0,532	1,224

%G: porcentagem de grits em relação à massa do cimento; TnF: resultado do ensaio de Tração Na Flexão (MPa); C: resultado do ensaio de compressão (MPa).

Analisando os resultados referentes à compressão e flexão apresentados na Tabela 2 é possível perceber que a inserção de *grits* na argamassa aumentou a capacidade da argamassa em resistir a tensões de compressão e tração flexão. De acordo com Álvares et al. (2013) a inserção de *grits* modificam positivamente as propriedades mecânicas da argamassa. Em ensaio realizado pelos autores o resultado obtido com 100% de *grits* na mistura foi muito superior ao obtido para a argamassa produzida apenas com areia.

Através dos valores apresentados na Tabela 2 é possível observar que a argamassa com adição de grits produzida neste experimento foi capaz de suportar tensões de compressão maiores que as aplicadas na argamassa de referência, com valores máximos de 45,26%, sendo considerada a argamassa em estado ótimo a porcentagem de 15%. Segundo Álvares et al. (2013) a qualidade da argamassa produzida com grits se reflete no aumento da resistência à compressão axial em relação à argamassa com mesmo traço e mesma consistência produzida exclusivamente com areia.

Os resultados da Análise de Variância para as respostas compressão (C) e Tração na Flexão (TnF) foram apresentados na Tabela 3. A análise de variância para a variável do experimento demonstra se o fator apresentou diferença estatística significativa ao nível de 5% ( $p < 0,05$ ).

Tabela 3. Análise de variância (ANOVA) para os resultados de compressão (C) e Tração na Flexão (TnF) realizada com os resultados da Tabela 2.

<b>ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA A RESPOSTA COMPRESSÃO</b>					
<b>Fonte</b>	<b>GL</b>	<b>SQ (Aj.)</b>	<b>QM (Aj.)</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor-P</b>
%	3	0,4293	0,14311	1,54	0,278
<b>Erro</b>	8	0,7450	0,09313		
<b>Total</b>	11	1,1744			
<b>ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA A RESPOSTA TRAÇÃO NA FLEXÃO</b>					
<b>Fonte</b>	<b>GL</b>	<b>SQ (Aj.)</b>	<b>QM (Aj.)</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor-P</b>
%	3	0,017701	0,005900	12,07	0,002*
<b>Erro</b>	8	0,003910	0,000489		
<b>Total</b>	11	0,021611			

GL: graus de liberdade; SQ: soma de quadrados; QM: quadrado médio; Valor F: f calculado. \* estatisticamente significativo ao nível de 5% ( $p < 0,05$ ).

Para a variável resposta de compressão, a análise de variância mostra que a variação da porcentagem de grits na argamassa não possui influência estatisticamente significativa ao nível de 5% ( $p > 0,05$ ) nesta variável resposta. Isso indica que o fator não influencia na otimização e no processo de obtenção de argamassa com resíduo de grits. Já a variável resposta Tração na Flexão, a análise de variância mostra que a variação da porcentagem de grits na argamassa possui influência estatisticamente significativa ao nível de 5% ( $p > 0,05$ ) nesta variável resposta. Isso indica que o fator influencia positivamente na otimização e no processo de obtenção de argamassa com resíduo de *grits*.

### Conclusões

- A capacidade de carga de uma argamassa com adição de *grits* é maior do que a capacidade de carga de uma argamassa convencional. Isso porque a inserção de *grits* em argamassa melhorou as suas propriedades mecânicas em termos de compressão e flexão;
- A adição de *grits* na mistura para a preparação de uma argamassa aumentou a resistência à compressão da argamassa, porém não foi significativa ao nível de 5%;
- A adição de *grits* na mistura para a preparação de uma argamassa aumentou a resistência à flexão da argamassa, e foi significativa ao nível de 5%;
- Os resultados obtidos nesta pesquisa podem ser utilizados para previsão de valores de eficiência de compressão e flexão em função do parâmetro operacional porcentagem de *grits*.

### **Referências Bibliográficas**

**ÁLVARES, A. N. O. et al. Estudo e avaliação da adição de grits em argamassa. Encontro Latinoamericano De Edificações E Comunidades Sustentáveis, Curitiba, PR, 2013.**

**GU, L.; OZBAKKALOGLU, T. Use of recycled plastics in concrete: A critical review. Waste Management, v.51, 19-42 p, 2016.**

**MACHADO, C. C; PEREIRA, R. S.; PIRES, J. M. M. Influência do tratamento térmico do resíduo sólido industrial (Grits) na resistência mecânica de um latossolo para pavimentos de estradas florestais. Revista Árvore, vol. 27, n. 4, Viçosa, jul./ago. 2003.**

**PlasticsEurope, E. Association Of Plastics Manufactures. An Analysis of European Latest Plastics Production, Demand and Waste Data, Brussels, Belgium, 2013.**