

# COMPARAÇÃO DO GRAUTEAMENTO CONVENCIONAL E LEVE PARA PREENCHIMENTO DE VIGAS DE ALVENARIA ESTRUTURAL

*Valber Domingos Pinheiro<sup>1</sup>  
Jonas Alexandre<sup>2</sup>  
Thuany Espirito Santo de Lima<sup>3</sup>  
Afonso Rangel Garcez de Azevedo<sup>4</sup>  
Markssuel TeixeiraMarvila<sup>5</sup>  
EuzébioBernabé Zanelato<sup>6</sup>  
Sergio Neves Monteiro<sup>7</sup>*

## Resumo

Visto a necessidade da aplicação de novas tecnologias e de inovadores materiais no âmbito da construção civil, o presente trabalho tem como objetivo realizar um estudo comparativo e avaliativo de dois diferentes tipos de grautes direcionados a aplicação em vigas de alvenaria estrutural. Esses modelos foram confeccionados de modo convencional e com a adição de um aditivo incorporador de ar. No traço convencional, o qual se assemelha a um concreto auto adensável, foram utilizados cimento, areia, brita e água, já no aditivado com incorporador de ar no sistema, não foi utilizado agregado graúdo, tendo, assim, em seu traço cimento, areia, cal e o aditivo, sendo chamado de concreto leve. Os dois diferentes traços foram estudados tanto em seu estado fresco quanto no estado endurecido, analisando desde sua viscosidade até sua resistência final. A principal semelhança entre o graute convencional e o leve é sua viscosidade, chegando a ser bem parecidas em determinadas relação a/c. Já suas divergências vão desde sua ruptura, onde o concreto leve rompe mais bruscamente, de forma abrupta, até mesmo no ganho de resistência, já que o concreto com o aditivo incorporador de ar tem sua maior resistência a compressão nas primeiras idades.

**Palavras-chaves:** Alvenaria estrutural, Concreto, Grauteamento, Concreto leve.

## COMPARISON OF CONVENTIONAL AND LIGHT GRATING FOR FILLING OF STRUCTURAL MASONRY BEAMS

### ABSTRACT

Considering the need for the application of new technologies and innovators materials in the field of civil construction, the present work has the objective of carrying out a comparative and evaluative study of two different types of grates directed to the application in structural masonry beams. These models were made in a conventional way and with the addition of an air incorporating additive. In the conventional trait, which resembles a self-compacting concrete,

cement, sand, gravel and water were used, already in the additive with air incorporator in the system, no large aggregate was used, thus, in its cement trait, sand, lime and the additive, being called light concrete. The two different traits were studied both in their fresh state and in the hardened state, analyzing from their viscosity to their final strength. The main similarity between conventional and light gravel is its viscosity, becoming very similar in certain relation w/c. Its divergences range from its rupture, where the lightweight concrete ruptures more abruptly, even abruptly, even in the gain of resistance, since the concrete with the air incorporating additive has its greater resistance to compression in the early ages.

**Keywords:** Structural masonry, Concrete, Grating, Lightweight concrete.

- <sup>1</sup> *Engenheiro Civil, mestrando em Estruturas, LECIV, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil.*
- <sup>2</sup> *Engenheiro Civil, doutor em Estruturas, LECIV, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil.*
- <sup>3</sup> *Engenheira Civil, mestranda em Estruturas, LECIV, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil.*
- <sup>4</sup> *Engenheiro Civil, doutor em Estruturas, LECIV, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil.*
- <sup>5</sup> *Engenheiro Civil, mestre em Estruturas, LECIV, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil.*
- <sup>6</sup> *Engenheiro Civil, doutorando em Estruturas, LECIV, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil.*
- <sup>7</sup> *Engenheiro de Metalurgia e Materiais, doutor em Ciências dos Materiais, IME, Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.*

## 1 INTRODUÇÃO

Mesmo o país enfrentando nesses últimos quatro anos uma considerável crise em quase todos os setores da economia brasileira, acarretando a 27ª queda consecutiva da construção civil, ainda assim o setor da engenharia civil no país é crescente não atendendo a todas as demandas solicitadas. Para sanar os déficits encontrados nesse seguimento, há um maior investimento em pesquisas com a finalidade de possibilitar, ao fim de uma obra por exemplo, maior rendimento, rapidez, limpeza e organização, sendo assim um menor custo final, gerando maior lucro. O presente trabalho enfatiza a utilização de novas técnicas e métodos construtivos na engenharia civil e de novos materiais ou materiais pouco difundidos. A utilização de materiais para produção de concreto leve, por exemplo, pode ser feita a partir da reutilização do poliestireno, mais conhecido como isopor [1], na substituição do agregado graúdo no concreto. Já no estudo apresentado foi feita a utilização de um aditivo incorporador de ar com a finalidade de comparação com o concreto convencional. A utilização de concretos mais leves na construção civil proporciona as vantagens de economia com fôrmas e cimbramentos, redução das solicitações, diminuição dos custos com transporte e montagem de construções pré-fabricadas, pela redução no peso dos materiais manuseados e aumento da produtividade. Possibilita também, fugindo das questões técnicas e econômicas citadas acima, maior harmonia com a sustentabilidade já que há grande possibilidade de utilização de materiais de descarte e reutilizáveis. A utilização do graute permite um aumento na capacidade resistente à esforços de compressão das alvenarias e em conjunto com as armaduras o graute possibilita, também, combater esforços de tração além dos esforços de compressão [2]. Vale ressaltar que a resistência à compressão do concreto de preenchimento deve ser equivalente ao dobro da resistência à compressão do bloco referida à área líquida [3] e [4]. O presente trabalho tem como objetivo a comparação dos dois diferentes concretos de preenchimento os quais serão utilizados como graute de vigas de alvenaria estrutural com a finalidade de lançar diretamente na construção civil a utilização desses elementos, demonstrados na Figura 1.

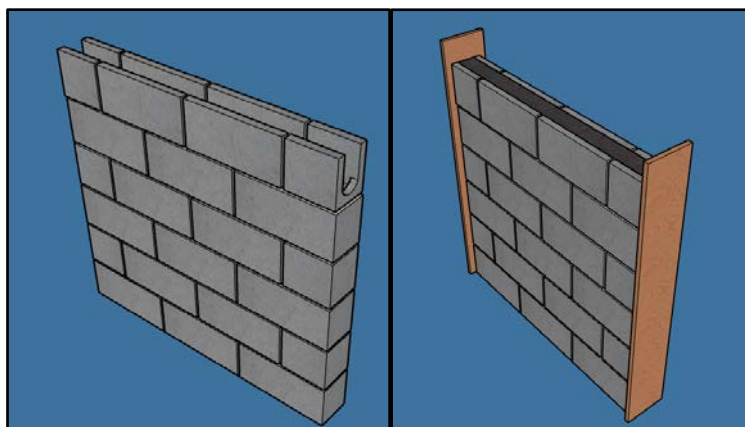


Figura 1 - Esquema de utilização do graute no preenchimento de vigas de alvenaria estrutural, modelo construído no Sketch-Up 2018. FONTE: Arquivo pessoal

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

Foram confeccionados dois tipos de concretos, com traços estudados para que se assemelhassem a concretos auto-adensáveis, já que são direcionados a utilização no grauteamento de vigas de alvenaria estrutural e em preenchimento vertical de blocos vazados. Tais concretos são baseados na literatura, produzidos com a finalidade de serem trabalháveis e, de certa maneira, econômicos. Com traço do tipo convencional de 1:2,5:2,5:1 (cimento:areia:brita:água) adaptado de Parsekian em [5] e [6], e um traço utilizando incorporador de ar de 1:2:1:1 (cimento:areia:cal:água) com 0,15% do aditivo incorporador de ar na mistura, foram comparados a possibilidade de utilização dos mesmos no preenchimento na alvenaria estrutural e comparados. O cimento utilizado nos dois traços foi o CPV-ARI, do mesmo lote, areia do rio lavada com granulometria controlada, brita 0, Cal CH III, água da concessionária de abastecimento da cidade de Campos dos Goytacazes, Águas do Paraíba e incorporador de ar Aditibrás.



Figura 2 - Produção dos concretos e corpos de prova.

Foram realizados ensaios tanto no estado fresco, de espalhamento [7] e [8], afim de ver sua viscosidade, e no estado endurecido observando suas resistências a 7, 14 e 28 dias, sua absorção de água, densidade e resistência característica do graute, demonstradas nas equações 1 e 2.

A densidade do concreto utilizado como graute é dado pela equação 1:

$$d = \frac{m}{v} \text{Equação 1}$$

onde:

$d$  = densidade em kg/m<sup>3</sup>;

$m$  = massa do corpo de prova em kg;

$v$  = volume do corpo de prova em m<sup>3</sup>.

Já a resistência que deve ser alcançada no graute é dependente da resistência do bloco utilizado na construção, como demonstra a equação 2:

$$f_{gk} = 2,00f_{bk} \text{Equação 2}$$

onde:

$f_{gk}$  = resistência característica do graute em MPa;

$f_{bk}$  = resistência característica do bloco em MPa.



Figura 3 - Prensa hidráulica SOLOTEST® durante a realização do ensaio de resistência à compressão e ruptura dos corpos de prova.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com os resultados obtidos nos ensaios preliminares dos traços propostos para grauteamento dos elementos de alvenaria estrutural, percebe-se, em relação à sua viscosidade, que seus resultados de espalhamento atingem mais que o dobro do mínimo exigido por norma [9], sendo assim considerado um concreto autoadesável. Foram medidos 2 diâmetros de cada espalhamento, como



prescreve [9] fazendo-se posteriormente uma média entre eles, obtendo, assim, seu espalhamento. Os traços estudados também apresentaram semelhante espalhamento como mostrado na Tabela 1, sendo esse um ponto importante a fim de comparação dos resultados de compressão de futuro desempenho em seu emprego.

Tabela 1 - Espalhamento

	Convencional	Leve	Norma
Diâmetros (cm x cm)	52x54	50x52	20x20
Espalhamento (cm)	53	51	20

Sobre sua densidade dos elementos, a tabela 2 mostra tanto sua massa seca, quanto o volume do corpo de prova cilíndrico utilizado na confecção. Fazendo a relação da equação 1 são obtidas as densidades médias dos 2 tipos de concreto. Com esses resultados percebe-se a diferença de densidades dos concretos propostos e verifica-se que a densidade menor que  $1800 \text{ kg/m}^3$  do concreto fabricado com incorporador de ar, sendo assim classificado como concreto leve [10].

Tabela 2 - Densidade dos concretos de preenchimento

	Convencional	Leve
Massa (g)	3530	2790
Volume do CP ( $\text{cm}^3$ )	1570,8	
Densidade ( $\text{Kg/m}^3$ )	2247,26	1776,17

Na Tabela 3 e no gráfico 1 são demonstrados o desenvolvimento da resistência desses dois tipos de concreto realizados conforme [11]. Como esperado o concreto convencional, ao longo das idades, tem maior ganho de resistência. Já o concreto leve estabiliza o seu ganho de resistência a compressão já nas primeiras idades. Não é observado grande discrepância das resistências obtidas levando-se em relação a futura utilização desses elementos já que foram estudados para grauteamento de blocos de concreto vazados de classe C com resistência de 4 Mpa. Com isso os concretos deveriam ter no mínimo o dobro da resistência do bloco, como exemplifica a Equação 2 descrita no capítulo 2 de materiais e métodos.

Tabela 3 - Resistencia a compressão

Resistencia	Convencional	Leve
07 dias (MPa)	9,905	8,83
14 dias (MPa)	12,725	10,17
28 dias (MPa)	14,127	10,38

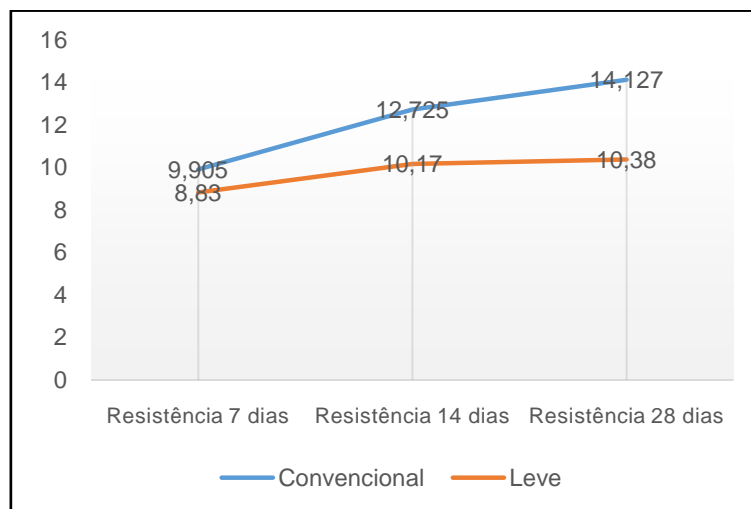


Figura 4 – Gráfico demonstrando o avanço das resistências conforme idade

Submetendo os corpos de provas cilíndricos a prensa para análise das resistências também foi possível analisar o tipo de ruptura de cada um desses concretos, mostrado na figura 5. Foi observado que o concreto convencional apresenta maiores fissuras e tem uma ruptura mais lenta que o concreto leve, que apresentou ruptura abrupta. Com isso pode concluir que na utilização do concreto leve, em alguns casos, pode ser que tenha necessidade de utilização de armadura para trabalho em conjunto com o concreto.



Figura 5 – Corpos de prova dos concretos convencionais e leves após ruptura

#### 4 CONCLUSÃO

Com os resultados apresentados pode-se concluir que:

- A ruptura do concreto leve em relação ao convencional é muito abrupta, não apresentando nenhum tipo de patologia antes do seu rompimento
- As resistências apresentadas em cada traço estão de acordo com o que a norma regulamentadora solicita para concretos de preenchimento ou graute, apresentando uma resistência de 2 vezes a resistência do bloco.
- A consistência e trabalhabilidade dos concretos são afins a utilização no grauteamento de elementos de alvenaria estrutural, assemelhando -se a concretos auto adensáveis.

Ao final pode-se afirmar que é viável a utilização destes concretos no preenchimento dos elementos de alvenaria estrutural, como vigas por exemplo, entretanto são necessários ensaios complementares.

#### 5 REFERÊNCIAS

- 1 Catóia, t. Concreto ultraleve estrutural com pérolas de eps: caracterização do material e estudo de sua aplicação em lajes. Dissertação de doutorado – escola de engenharia de São Carlos, São Carlos, 2012.
- 2 Rabelo, a. C. N. (2004). Dimensionamento de alvenaria estrutural segundo recomendações do eurocode 6. Dissertação de mestrado. Escola de engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, mg 2004
- 3 Associação Brasileira de Normas Técnicas. Alvenaria estrutural – blocos de concreto. Parte 1: projeto, NBR 15961-1. Rio de janeiro, 2011.
- 4 Associação Brasileira de Normas Técnicas. Alvenaria estrutural – blocos de concreto. Parte 2: execução e controle de obras, NBR 15961-2. Rio de Janeiro, 2011.
- 5 Parsekian, g. A.; soares. M. M. (2010). Alvenaria estrutural em blocos cerâmicosprojeto,execução e controle. 1.ed. São paulo: o nome da rosa.
- 6 Parsekian, g. A.; Hamid, a. A.; Drysdale, r. G. (2012). Comportamento e dimensionamento de alvenaria estrutural. São Carlos: Edufscar.



- 7 Associação Brasileira de Normas Técnicas. Concreto: procedimento para moldagem e cura de corpos de prova, para realizar os ensaios de resistência à compressão, NBR 5738. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.
- 8 Associação Brasileira de Normas Técnicas. Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone, NBR NM 67. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.
- 9 Associação Brasileira de Normas Técnicas. Concreto leve celular estrutural — determinação da densidade de massa aparente no estado fresco, NBR 12644. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.
- 10 Mehta, k., Monteiro, p. J. M. Concreto. Microestrutura, propriedades e materiais. 3. Ed. São Paulo: Ibracon, 2008, 674 p
- 11 Associação brasileira de normas técnicas. Concreto: ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos, NBR 5739. Rio de Janeiro: ABNT, 2007.