

COMPÓSITO CIMENTÍCIO PARA IMPRESSÃO 3D

Matheus Gutierrez Maia¹, Rui Barbosa de Souza²

^{1,2} Departamento de Engenharia Civil, Centro Universitário FEI
matheus.tierre@hotmail.com; rui.souza@fei.edu.br

Resumo: O objetivo do trabalho é desenvolver compósito cimentício extrudável para impressão 3D. A metodologia envolve variar a formulação de compósitos cimentícios, e medir seu comportamento reológico por ensaio de *squeeze-flow*. Os resultados parciais mostraram que o teor de ligante apresentou a maior influência na consistência, em comparação com as outras variáveis estudadas. A conclusão parcial do estudo é que os intervalos testados de cada variável, apresentam grande influência no comportamento reológico das argamassas.

1. Introdução

A impressão 3D é um termo que envolve diversos processos e técnicas, mas que, de forma geral, representa a sobreposição de camadas de materiais poliméricos, cimentícios, metálicos etc. É uma tecnologia que vem sendo desenvolvida desde os anos 80 quando seu principal objetivo de uso era a criação rápida e barata de protótipos para a indústria. Seu projeto tridimensional é baseado em um modelo digital criado em CAD (*Computer Aided Design* – Projeto Auxiliado por Computador), e seu uso tem se tornado cada vez mais comum devido suas possibilidades de criação e, como consequência, tem aberto novas perspectivas em relação à produção de objetos únicos e personalizados.

Alinhado à megatendência da Indústria 4.0, o avanço tecnológico e a automação industrial estão transformando o conceito de produção em massa. Por exemplo, a produção de roupas, calçados, automóveis, ferramentas, acessórios se tornou em grande parte automatizada. Isso também aconteceu na agricultura: com a implementação de máquinas agrícolas, reduziu-se a necessidade de grande quantidade de trabalhadores nas fazendas. Toda essa mudança se deve à busca de uma produção mais eficiente, padronizada, barata e menos sujeita ao erro humano [1].

Na construção civil, que ainda adota práticas de execução construtiva sensivelmente artesanais, dependendo de mão de obra humana na maioria de seus processos. A impressão 3D para produção de casas e edifícios está alinhada com a Indústria 4.0, no sentido da mecanização do processo construtivo e maior eficiência nestes processos.

O objetivo deste trabalho é desenvolver compósito cimentício extrudável para fins de impressão 3D de edificações. Tais composições, ainda no estado fresco, devem ter resistência suficiente para suportar novas camadas sobrepostas a ela, assim como devem possuir característica colante para que as camadas se unifiquem.

2. Metodologia

Foi realizada a caracterização reológica de diferentes composições de argamassa, objetivando criar um mapa de variáveis e seus comportamentos em diferentes

concentrações. As variáveis estudadas foram: teor de água; teor de agregado miúdo (areia) e; teor de cal hidratada. As variáveis foram estudadas em três diferentes níveis. A primeira variável é o teor de água em relação ao total, no qual foram usadas as quantidades relativas em massa de: 13,0%; 14,9% e 16,7%. A quantidade relativa de areia em relação ao total, em massa, foram as seguintes: 55,6%; 65,2% e 71,4%. A última variável, até o momento estudada, foi a quantidade relativa, em massa, de cal hidratada, em que, neste caso, foram feitas 4 comparações, começando com 0% de cal na composição e relacionando às concentrações: 4,9%; 9,4% e 13,5%. Todas as composições foram submetidas ao ensaio de *squeeze-flow* [2], realizado utilizando célula de carga de 5 kN, em uma prensa eletromecânica marca Instron, a uma velocidade de 0,16 mm/s, com punção de 100 mm de diâmetro e com um deslocamento máximo limitado a 10 mm. Os corpos de prova foram preparados com 105 mm de diâmetro e 20 mm de altura, em um molde composto por um anel de metal separado ao meio (Figura 1).



Figura 1 – Amostra ensaiada de *squeeze-flow*.

3. Resultados e discussões

Após a realização dos ensaios, foram obtidos três gráficos de carga por deformação (um gráfico por variável). Os gráficos contêm curvas comparativas de diferentes traços.

Tabela I – Formulações com variação no teor de água.

	Água (%)	Cimento (%)	Areia (%)
Traço “13,0%”	13,0	21,7	65,2
Traço “14,9%”	14,9	21,3	63,8
Traço “16,7%”	16,7	20,8	62,5

As formulações das amostras onde se variou o teor de água estão apresentadas na Tabela I, sendo que os resultados de *squeeze-flow* obtidos estão representados na Figura 2, em que a legenda destaca a porcentagem de água em relação ao total.

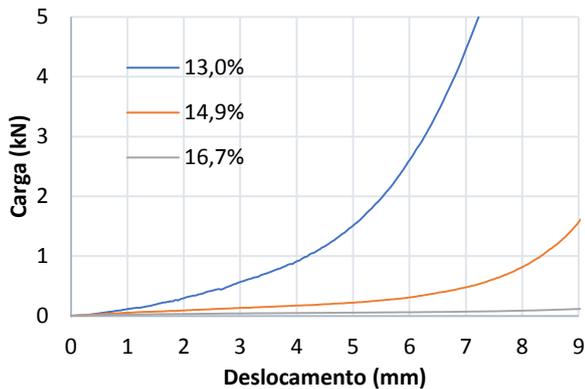


Figura 2 – Carga X Deslocamento obtidos por *squeeze-flow*. Variação do teor de água no compósito.

As formulações das amostras onde se variou o teor de areia estão apresentadas na Tabela II, sendo que os resultados de *squeeze-flow* obtidos estão representados na Figura 3, em que a legenda destaca a porcentagem de água em relação ao total.

Tabela II – Formulações com variação no teor de areia.

	Água (%)	Cimento (%)	Areia (%)
Traço “55,6%”	16,7	27,8	55,6
Traço “65,2%”	13,0	21,7	65,2
Traço “71,4%”	10,7	17,9	71,4

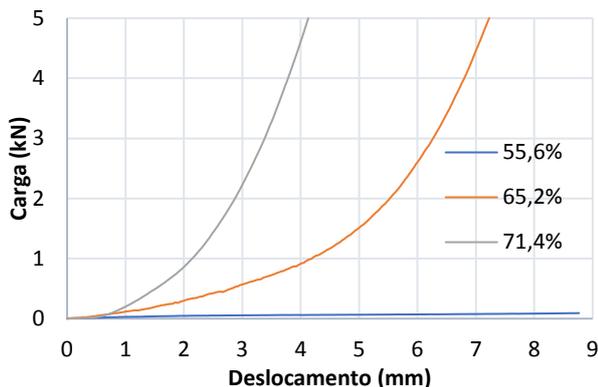


Figura 3 – Carga X Deslocamento obtidos por *squeeze-flow*. Variação do teor de areia no compósito.

As formulações das amostras onde se variou o teor de cal estão apresentadas na Tabela III, sendo que os resultados de *squeeze-flow* obtidos estão representados na Figura 4, em que a legenda destaca a porcentagem de água em relação ao total.

Tabela III – Formulações com variação no teor de cal.

	Água (%)	Cimento (%)	Cal (%)	Areia (%)
Traço “0”	16,7	20,8	0	62,5
Traço “4,9%”	15,8	19,8	4,9	59,4
Traço “9,4%”	15,1	18,9	9,4	56,6
Traço “13,5%”	14,4	18,0	13,5	54,0

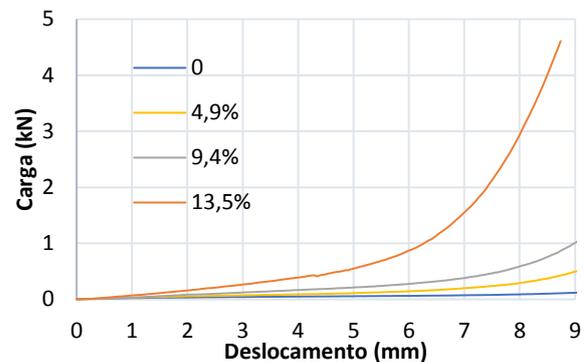


Figura 4 – Carga X Deslocamento obtidos por *squeeze-flow*. Variação do teor de cal no compósito.

No pequeno intervalo do teor de água estudado (de 13,0% a 16,7%) as argamassas apresentaram consistência resistente à deformação lateral, com menor teor de água, e apresentaram consistência fluida no maior teor de água.

Os ensaios foram realizados com o intuito de fazer um mapeamento da intensidade com a qual a variação do teor dos componentes faz no comportamento da argamassa fresca no aspecto reológico. Desta forma, é possível alterar o comportamento reológico, por variação do traço, das argamassas que futuramente serão utilizadas nos ensaios de extrusão, de uma forma coerente. O intervalo nos teores de areia, onde as alterações na reologia foram significativas, foi maior, entre 55,6% e 71,4%, indicando que esta variável tem grande potencial para o ajuste da consistência das argamassas extrudáveis estudadas. Quanto à cal, o intervalo de variação no teor deste ligante foi de 0,0% a 13,5%, indicando grande sensibilidade das misturas à adição deste material.

4. Conclusões

A conclusão parcial deste trabalho é que a variação da relação pasta/areia tem grande potencial para ajuste das propriedades reológicas das argamassas estudadas. Além disso, a cal também é material que pode ser usado no controle das propriedades reológicas, uma vez que a mistura apresenta grande sensibilidade a sua adição.

5. Referências

- [1] PORTO, T. M. S. Estudo dos avanços da tecnologia de impressão 3D e da sua aplicação na construção civil. Dissertação (Graduação) - Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2016.
- [2] CARDOSO, F. A.; PILEGGI, R. G.; JOHN, V. M. Caracterização reológica de argamassas pelo método de *squeeze-flow*. In: VI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE ARGAMASSAS. Florianópolis: 2005.

Agradecimentos

Ao Centro Universitário FEI pela infraestrutura oferecida para a realização das atividades, ao Prof. Rui Barbosa pela orientação, e aos colegas da EPIC (Equipe de Pesquisa e Inovação em Construção Civil) que foram primordiais para a evolução desta pesquisa.

¹ Aluno de IC do Centro Universitário FEI. Projeto com vigência de 08/18 a 02/19.