

## IMPRESSÃO 3D NA CONSTRUÇÃO CIVIL<sup>1</sup>

Júlia Michel<sup>2</sup>, Carneane Effting<sup>3</sup>, Nicollas Safanelli<sup>4</sup>, Thallian Valente Soares<sup>5</sup>.

<sup>1</sup> Vinculado ao projeto “Caracterização Experimental e Numérica das Propriedades Mecânicas e Térmicas dos Materiais Cimentícios”

<sup>2</sup> Acadêmico (a) do Curso de Engenharia Civil – CCT – Bolsista PROBIC

<sup>3</sup> Orientadora, Doutora em Ciência e Engenharia de Materiais, Departamento de Engenharia Civil – CCT – carneane.effting@udesc.br

<sup>4</sup> Mestrando do Mestrado em Engenharia Civil – CCT

<sup>5</sup> Mestranda do Mestrado em Engenharia Civil – CCT

A tecnologia de impressão 3D para material cimentício surge recentemente na indústria da construção, que combina o processo de manufatura aditiva com materiais à base de cimento, tem potencial para melhorar o nível de automação da fabricação de estruturas de edifícios [1]. A impressão tridimensional (3D) que transforma o modelo digital para o 3D, tem atraído muita atenção devido às suas vantagens únicas, tais como baixo custo e consumo de energia. Recentemente, alguns investigadores fizeram uma série de estudos no campo dos materiais de construção impressos em 3D e quais parâmetros influenciam na impressão. Os parâmetros de processamento de impressão são os principais fatores que afetam diretamente a estabilidade do processo de impressão e sua qualidade, tendo esses fatores em vista, Zhang *et al* (2022) mostraram que a velocidade de impressão determina a precisão do tamanho do componente de impressão e a largura da linha de impressão tem grande influência no tamanho do componente de impressão [2].

Na Holanda, em abril de 2021, na cidade de Eindhoven, foi entregue a primeira casa de concreto impressa habitada. A casa consiste em 24 elementos de concreto que foram impressos camada por camada em uma fábrica em Eindhoven. Os elementos foram, então, transportados por caminhão até o canteiro de obras e colocados sobre uma fundação. A casa foi então dotada de telhado e caixilharia, sendo aplicados os acabamentos [3].

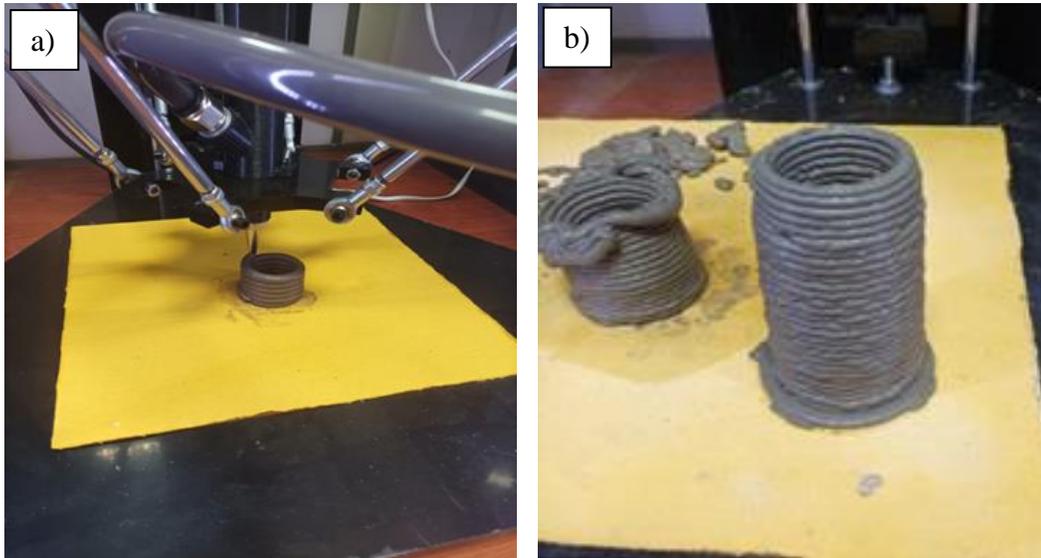
Dessa forma, esse trabalho foi desenvolvido visando a análise das propriedades reológicas das argamassas cimentícias na impressão tridimensional. Para isso, utilizou-se um traço inicialmente estipulado e foram realizadas alterações buscando a simplificação e otimização da argamassa para impressão de um modelo cilíndrico. Com o auxílio do reômetro, os traços foram analisados em seus estados frescos (15 minutos após a adição de água na mistura) e pode-se verificar qual o melhor traço de argamassa cimentícia para impressão 3D.

No traço inicialmente estipulado, foram considerados seis componentes: cimento Portland, água, pó de quartzo, sílica ativa, aditivo retardador e aditivo superplastificante. Os traços subsequentes foram definidos na tentativa de substituir um componente pela correção dos outros. No traço 01 foi alterada a quantidade de cimento e pó de quartzo para substituir a sílica ativa. Já no traço 02, o aditivo superplastificante foi substituído por água. As proporções dos materiais na mistura estão expostas na Tabela 1.

**Tabela 1.** Comparação entre os traços de argamassa.

Mistura	Proporção de materiais (g)				Aditivos	
	Cimento Portland	Água	Pó de Quartzo	Sílica Ativa	Retardador	Superplastificante
Inicial	1.500	675	1.125	60	4,5	4,5
01	1.830	675	1.175	0	4,5	4,5
02	1.500	960	1.125	295	4,5	0

O traço inicial apresentou uma boa impressão tridimensional, resultando no cilindro da Figura 1(a). Após a análise reológica, obteve-se os valores de 182,4Pa para a Tensão de Escoamento Dinâmica e 365,4Pa para Tensão de Escoamento Estática, valores esses adotados como ideias para o traço de argamassa cimentícia. Já os traços 01 e 02, que sofreram mudanças de simplificação, apresentaram respectivamente 16,8Pa e 109,1Pa para Tensão de Escoamento Dinâmica e 96,2Pa e 184,4Pa para Tensão de Escoamento Estática.



**Figura 1.** (a) Impressora em funcionamento confeccionando as camadas de materiais cimentícios; (b) Exemplo de cdp cilíndrico de argamassa impresso em 3D;

Considerando-se que a Tensão de Escoamento Dinâmica determina a dificuldade de bombeamento da argamassa na Impressora 3D e a Estática a quantidade de camadas que a argamassa irá suportar antes de desmoronar, o melhor resultado consiste em valores inversamente proporcionais de tensões. Desse modo, conclui-se que o traço 01 não é ideal para impressão, por apresentar valores muito distantes dos de referência, não conseguindo realizar a impressão do modelo cilíndrico. O traço 02 apresentou-se satisfatório para a impressão, porém ainda necessita de alterações para tornar-se ideal, sugerindo uma continuação desse trabalho.

O estudo das propriedades da argamassa e concreto para impressão 3D é ainda muito complexo. Os compósitos cimentícios impressos em 3D demonstram alguns problemas, desde a matéria-prima até ao produto acabado, tais como: baixa resistência mecânica e propriedades

reológicas incontroláveis. Estudos recentes sugeriram que os materiais cimentícios impressos devem apresentar uma boa fluidez e extrudabilidade no processo de bombeamento, e estabilidade estrutural no processo de empilhamento [4].

Quatro parâmetros foram determinados como essenciais para a impressão 3D cimentícia de sobreposição: aderência (a força de adesão alcançada entre o material impresso e o substrato), construtibilidade (a capacidade de um material manter seu próprio peso sem deformação), janela de printabilidade (tempo limite que a mistura é imprimível) e extrudabilidade (a capacidade de uma mistura ser continuamente extrudada) [5]. Sendo assim, é necessário um estudo mais específico sobre as propriedades citadas nas argamassas confeccionadas nesse estudo.

**Palavras-chave:** Impressora 3D. Argamassa. Reômetro.

## REFERÊNCIAS

- 1 – MALEK, Marcin et al. Cement-glass composite bricks (CGCB) with interior 3D printed PET-G scaffolding. *Journal Of Building Engineering*. Polônia, p. 1-14. 28 mar. 2022. Disponível em: [https://udesc-my.sharepoint.com/personal/03258893926\\_udesc\\_br/documents/attachments/1-s2.0-s23527\\_10222004429-main.pdf](https://udesc-my.sharepoint.com/personal/03258893926_udesc_br/documents/attachments/1-s2.0-s23527_10222004429-main.pdf). Acesso em: 20 ago. 2023.
- 2 - ZHANG, Hongping et al. Effect of layering molding process on strength of 3D printed composite cement based materials. *Materials Letters*. China, p. 1-4. 26 jul. 2022. Disponível em: [https://udesc-my.sharepoint.com/personal/03258893926\\_udesc\\_br/Documents/Attachments/1-s2.0-S0167\\_577X21019698-main.pdf](https://udesc-my.sharepoint.com/personal/03258893926_udesc_br/Documents/Attachments/1-s2.0-S0167_577X21019698-main.pdf). Acesso em: 20 ago. 2023.
- 3 CASACOR, 2021. Disponível em: <https://casacor.abril.com.br/arquitetura/casas-impressas-3d-holanda/>.
- 4 - XU, Jiabin et al. Printability and efflorescence control of admixtures modified 3D printed white Portland cement-based materials based on the response surface methodology. *Journal Of Building Engineering*. China, p. 1-11. 26 jan. 2021. Disponível em: [https://udesc-my.sharepoint.com/personal/03258893926\\_udesc\\_br/Documents/Attachments/1-s2.0-S2352\\_710221000644-main.pdf](https://udesc-my.sharepoint.com/personal/03258893926_udesc_br/Documents/Attachments/1-s2.0-S2352_710221000644-main.pdf). Acesso em: 20 ago. 2023.
- 5 – VLACHAKIS, Christos et al. 3D printed cement-based repairs and strain sensors. *Automation In Construction*. Reino Unido, p. 1-11. 14 mar. 2022. Disponível em: [https://udesc-my.sharepoint.com/personal/03258893926\\_udesc\\_br/\\_layouts/15/onedrive.aspx?id=%2Fpersonal%2F03258893926%2Fudesc%2Fbr%2FDocuments%2FAttachments%2F1%2Ds2%2E0%2DS0926580522000759%2Dmain%2Epdf&parent=%2Fpersonal%2F03258893926%2Fudesc%2Fbr%2FDocuments%2FAttachments&ga=1](https://udesc-my.sharepoint.com/personal/03258893926_udesc_br/_layouts/15/onedrive.aspx?id=%2Fpersonal%2F03258893926%2Fudesc%2Fbr%2FDocuments%2FAttachments%2F1%2Ds2%2E0%2DS0926580522000759%2Dmain%2Epdf&parent=%2Fpersonal%2F03258893926%2Fudesc%2Fbr%2FDocuments%2FAttachments&ga=1). Acesso em: 20 ago. 2023