

Sistema de alimentação de impressora 3D por extrusão

Extrusion 3D printer feeding system

RESUMO

Henrique dos Santos Vermonde
henrique.dsvermonde@hotmail.com
Universidade Tecnológica Federal
do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil

Márcia Silva de Araújo
marciacerri@gmail.com
Universidade Tecnológica Federal
do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil

José Alberto Cerri
cerri@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal
do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil

Os processos tradicionais de produção de louça cerâmica são a colagem de barbotina e o torneamento. A implementação da manufatura aditiva por extrusão na produção de louça eliminaria o molde e a etapa de secagem do molde, assim como o espaço interno utilizado para estocagem do molde. Este trabalho tem por objetivo analisar os sistemas de alimentação das impressoras comerciais e contribuir para a construção de um protótipo de impressora 3D cerâmica. Para alcançar esse objetivo adotou-se a metodologia de Oberloier e Pearce, que possibilita tornar mais difundida a tecnologia de manufatura aditiva por ter base em tecnologia de código aberto. Foram produzidos diversos protótipos, e o com alimentação direta no cabeçote resultou na extrudabilidade de uma faiança comercial.

PALAVRAS-CHAVE: Impressora 3D. Cerâmica. Manufatura aditiva.

ABSTRACT

Traditional ceramic tableware production processes are slip casting and jiggering. The implementation of additive manufacturing by extrusion in the tableware production would eliminate the mold and the mold drying step, as well as the internal space used for storing the mold. This work aims to analyze the feeding systems of commercial printers and contribute to the construction of a prototype of a 3D ceramic printer. To achieve this goal, the Oberloier and Pearce methodology was adopted, which makes possible the additive manufacturing technology to be more widespread because it is based on open source technology. Several prototypes were produced, and the one with direct feed on the print head resulted in the extrudability of a commercial faience.

KEYWORDS: 3D Printing. Ceramic. Additive manufacturing.

Recebido: 19 ago. 2020.

Aprovado: 01 out. 2020.

Direito autoral: Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



INTRODUÇÃO

A indústria cerâmica tem grande representatividade na economia brasileira, tendo um faturamento de 18 bilhões/ano em 2008 (ANICER). Em Campo Largo-PR são adotados os tradicionais processos baseados na conformação por colagem de massa fluída ou por torneamento de massas cerâmicas plásticas (FERNANDES, D. M. P; KISTMANN, V. B., 2012. p. 43.). No que diz respeito ao processo de colagem em moldes de gesso, verifica-se que esse é o mais tradicional e utilizado pelas empresas, em razão de sua versatilidade, do baixo custo e da uniformidade das peças moldadas (SANTACRUZ et al., 2003). Analisando os aspectos negativos do método de produção do processo de colagem em moldes de gesso, pode se citar como exemplos o longo ciclo para fabricação das peças; a reduzida vida útil e o problema do descarte dos moldes; o baixo teor de sólidos - em volume, na massa, representa entre 45 e 55% (BRASIL. Ministério de Minas e Energia, 2009, p. 5. Pontua-se ainda, que o torneamento é mais produtivo, todavia, a peça apresenta uma geometria limitada a uma superfície de revolução, além de necessitar de um molde de gesso para sua fabricação (SANTACRUZ, 2003, p.2053–2060.)

Saindo do campo tradicional de produção existem algumas empresas comercializando Impressoras 3D, para manufatura aditiva de cerâmico no âmbito internacional. A empresa portuguesa “Duraprinter 3D” oferece em seu catálogo três modelos de impressora delta de extrusão com alimentação contínua e sendo extrudado a massa por ar comprimido e com controle no bico. A impressora da “Vorm Vry” extruda a massa cerâmica por ar comprimido, mas não utiliza o sistema delta e, sim um braço, no qual fica o reservatório que utiliza o sistema cartesiano no seu catálogo seus preços de €5920,00 e €7548,00. A “CERAMBOT” extruda a massa cerâmica por meio de um sistema rosca fuso, contando com uma redução no motor e com uma rosca no bico para maior controle do fluxo de massa para impressão. A empresa oferece dois modelos de impressora, sendo seus preços de \$599,00 e \$699,00. A “3DPOTTER” extruda o material cerâmico com um sistema rosca fuso, mas diferente da “CERAMBOT”, o reservatório é diretamente no bico. A “3DPOTTER” oferece nove modelos de impressora, variando seu porte, com preços de \$2850,00 a \$57.500,00.

O presente trabalho se propõe a contribuir com a análise de diferentes sistemas de alimentação de impressoras comerciais e testar protótipos.

MATERIAL E MÉTODOS

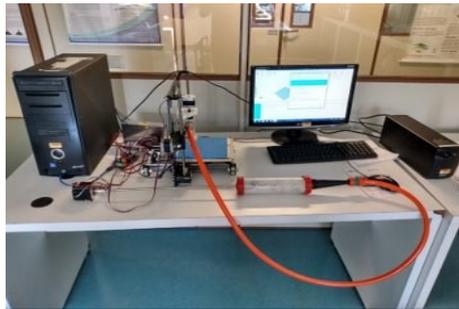
Para o desenvolvimento do protótipo foi utilizado a metodologia de Oberloier e Pearce, a qual norteia projetos com foco em tecnologia *open source* (código aberto). A qual é composta por cinco etapas: *benchmarking*, projeto maximizando a repetibilidade, validação, documentar, compartilhar acesso livre. É ainda essencial ter componentes que permitam a customização do projeto, deve-se optar por peças comerciais que possam ser obtidas de forma mais acessível em todo mundo.

O material utilizado foi uma massa comercial de faiança da empresa CERMASSA, que teve a sua escoabilidade testada em uma máquina universal de ensaios EMIC com uma carga de 2000N e velocidade de deslocamento de cabeçote igual a 0,46mm/s.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a realização do primeiro protótipo foi utilizado um sistema externo de alimentação, Figura 1, no qual um pistão empurra a massa contida em um reservatório, por meio de um fuso de rosca trapezoidal acionado por um motor de passo. Neste ponto, alinhando-se a metodologia adotada, os componentes são divididos entre os comerciais que podem ser facilmente encontrados e as peças impressas em 3D. As peças comerciais utilizadas foram: NEMA 23, fuso com rosca quadrada e rosca ambas de 8 mm, estrutura de uma impressora 3D de polímeros, mangueira $\frac{1}{2}$ ", reservatório de 500 ml para confeitaria. Já as peças fabricadas em PLA em impressora 3D, foram: rosca de extrusão, cabeçote, suporte motor, redutor reservatório-mangueira, pistão.

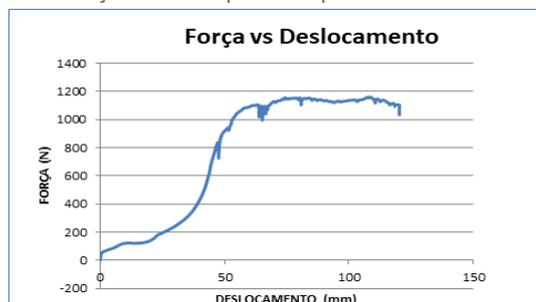
Figura 1 - Sistema de alimentação externo



Fonte: Autoria própria (2019).

A fim de testar o conceito e determinar a força necessária para fazer escoar a massa contida no reservatório com ajuda do pistão, foi realizado um teste de escoamento adaptado a uma máquina universal de ensaio da marca EMIC. Ficou evidenciado conforme pode ser visto na Figura 2 um aumento da força a partir do momento em que a massa escoou para dentro da mangueira, atingindo um fluxo plenamente desenvolvido somente após a força de escoamento de 1161,1 N.

Figura 2 - Gráfico de força exercida pela máquina versus deslocamento do pistão



Fonte: Autoria própria (2019).

Diante desse resultado, o aprimoramento do protótipo consistiu em acoplar ao motor uma redução de 1:4 de velocidade, mostrado na Figura 3, para permitir que o motor empurrasse a massa com maior torque. Desse modo, para atender os requisitos, o protótipo foi montado com duas engrenagens, uma coroa, um pinhão e mancais feitos em MDF, os quais foram cortados a laser a partir do desenho. Foi mantido o reservatório externo, que permitiria uma produção de peças maiores,

sem a utilização de uma estrutura tão robusta para aguentar o peso do sistema, facilitando sua produção.

Figura 3 - Sistema de alimentação com redução 1:4 em madeira



Fonte: A autoria própria (2019).

Quando do teste de extrusão do sistema de alimentação, os mancais começaram a envergar devido à força exercida, fator que ocasionou a perda de potência, em razão do movimento de rotação, o qual deveria ser exercido no eixo. Devido a isso foi retirado o sistema de alimentação externo com pistão. No lugar deles, foi alterado o reservatório para o cabeçote, com o motor Nema 23 axial. Todavia, dessa vez, foi eliminada a distância que a massa teria que percorrer, pois, tal deslocamento exigiria muita força, seguindo a equação de Equação de Darcy-Weisbach, a principal resistência ao movimento da massa é o atrito entre a massa e a superfície do reservatório em contato com a massa e a distância que a massa percorre no tubo. Assim, um novo protótipo foi proposto, neste foi fixado o reservatório no suporte que se desloca na barra do eixo X, Figura 4, sendo que o motor foi acoplado ao suporte acima do pistão que empurra a massa dentro do reservatório, o qual mantém o princípio de eixo fuso, sendo que o pistão foi reformulado, mas ainda impresso em 3D, sendo as peças impressa em 3D: pistão parte inferior em PLA; pistão superior, suporte reservatório e suporte motor em PETG, e; conector intercambiável entre suporte e barra Y.

Figura 4 - Protótipo com reservatório preso a estrutura

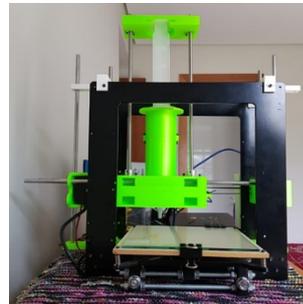


Fonte: A autoria própria (2019).

Usando o motor Nema 23 sem redução foi possível fazer escoar a massa na versão do protótipo apresentado na Figura 4. Contudo apesar de ter havido uma redução na altura máxima de impressão, o sistema de alimentação sofreu vibrações quando do deslocamento no eixo X, e o motor ficou em balanço. A estrutura em aço originalmente de uma impressora 3D de polímeros resistiu, porém, algumas peças impressas sofreram trincas.

Em função da obtenção de sucesso em extrudar a massa cerâmica, optou-se, em adicionar uma segunda estrutura padrão de Impressora 3D em aço, por ser igual a existente e dividir o peso do sistema de alimentação entre as duas estruturas e colocar as barras guias do eixo X na horizontal. Com esse acréscimo, foi necessário modificar as peças que auxiliam na movimentação dos eixos. Ademais, no que diz respeito às demais peças, essas foram reforçadas e otimizadas para que o motor fosse deslocado para baixo, sendo todas as peças impressas 3D em PLA. As peças comerciais adicionadas ao protótipo foram: estrutura em aço para impressora 3D cartesiana, dois fusos de rosca quadrada de 8mm, com para de rosca. Enquanto as peças de impressão 3D em PLA foram: Conector motor Z e Rosca, suporte motor Z esquerdo, suporte motor Z direito, conector guia Z e eixo Y esquerdo, conector guia Z e eixo Y direito, suporte central, suporte êmbolo. O último protótipo produzido nesta pesquisa pode ser visto na Figura 5. Ele foi testado, porém os dois motores de passo Nema 17 que substituíram o Nema 23 não foram capazes de deslocar a massa dentro do reservatório, apenas o pistão no reservatório vazio.

Figura 5 - Última versão do protótipo de impressora 3D cerâmica



Fonte: Autoria própria (2019).

Infelizmente, não foi possível realizar mais testes, nem trocar os motores Nema 17 sem redutor por dois outros com redutor. Entretanto, em que pese à ausência de demais avaliações práticas, o último protótipo apresentou notável otimização e alta probabilidade de sucesso em atender os objetivos ora percorridos visto que não apresentou vibrações como o anterior.

CONCLUSÕES

Conclui-se, portanto, que para se tornar a versão final almejada da impressora 3D cerâmica ainda é necessário ajustar tão somente parâmetros de impressão, como velocidade de extrusão, o que demanda mais testes com motores Nema 17 com redutores.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico CNPq – Brasil, que possibilitou o estudo e desenvolvimento de uma impressora 3D cerâmica.

REFERÊNCIAS

ANICER - Associação Nacional Indústria Cerâmica. **Dados do setor.** Disponível em:
<https://www.anicer.com.br/anicer/setor/> Acesso em: 03 abr. 2020.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Cadeia de louças:** produto 48; relatório 74 – perfil de louças sanitárias e de mesa. Brasília: MME, 2009. Disponível em:
http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:TXXibAbYYWgJ:www.mme.gov.br/documents/36108/449811/P48_RT74_Perfil_de_Louças_Sanitárias_e_de_Mesa.pdf/babdacec-3149-ebbb-cb6f-049a5b5f6025%3Fversion%3D1.0%26download%3Dtrue+%&cd=3&hl=en&ct=clnk&gl=br Acesso em: 17 abr. 2020.

FERNANDES, D. M. P; KISTMANN, V. B. **Relatório intermediário relativo ao desenvolvimento do projeto Sebrae Finep 7/2006 linha 1 MPES em APLS subprojeto B formas tipo e design de louça de mesa.** Curitiba: FINEP, 2009. p 40.

IWAKAMI, MARIANA CASTELLO BRANCO. **Design cerâmico e prototipagem rápida: novas possibilidades para o arranjo produtivo local de louças de Campo Largo-Pr.** Curitiba, 2012. 117 f. Dissertação (Mestrado em Design, na área de concentração Design de Sistemas de Produção e Utilização) Programa de Pós-Graduação em Design da Universidade Federal do Paraná. p. 43.

OBERLOIER, S.; PEARCE, J. M. General design procedure for free and open-source hardware for scientific equipment. **Designs**, 2, n. 1, 2018. Disponível em:
<https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:hfj-C6YF7IAJ:pelcor.com/Papers/porcelana.pdf+%&cd=2&hl=en&ct=clnk&gl=br> Acesso em: 28 out. 2019.
[doi:10.3390/designs2010002](https://doi.org/10.3390/designs2010002)

SANTACRUZ, I., NIETO, M.I., MORENO, R., FERNANDINO, P., SALAMON, A., STAMENKOVIC, I. Aqueous injection moulding of porcelains. **Journal of the European Ceramic Society**, v. 23, p. 2053-2060, 2003. Disponível em:
<http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:hfj-C6YF7IAJ:pelcor.com/Papers/porcelana.pdf+%&cd=2&hl=en&ct=clnk&gl=br> Acesso em: 23 mar. 2020.