

## VALIDAÇÃO DO ALGORITMOS DE DEPOSIÇÃO VARIÁVEL PARA MANUFATURA ADITIVA E PUBLICAÇÃO EM PLATAFORMA ABERTA

**Daniel Marcos Souza do Couto**

**Henrique Takashi Idogava**

**Zilda de Castro Silveira**

Departamento de Engenharia Mecânica, Escola de Engenharia de São Carlos, USP

couto0@usp.br

### Objetivos

O objetivo deste trabalho é a estruturação e validação de um procedimento de controle de fluxo de material associado às estratégias de fatiamento para a geração de estruturas avançadas em Manufatura Aditiva (MA) por extrusão de filamento, do tipo FFF (Fused Filament Fabrication). Tal procedimento não é encontrado em softwares abertos ou proprietários e mostra, dentro do campo de estudo, uma nova forma de adaptar geometrias a partir do fatiamento e não do modelo CAD. Essa mudança é desejável principalmente para usuários não familiarizados com processos de otimização e DfAM (Design for Additive Manufacturing). A publicação do código e de um Guia de Usuário em plataforma aberta compreende um dos objetivos do trabalho de difusão do conhecimento e de promover a evolução de pesquisa em MA para novas esferas do conhecimento.

### Métodos e Procedimentos

O algoritmo foi implementado na linguagem Python, no formato de biblioteca. Para a impressão dos corpos de prova foi utilizado um equipamento de impressão 3-D do tipo low-end da marca Sethi3D, modelo AIP A3. Uma vez escolhido o modelo 3D no formato STL a ser impresso, o algoritmo fatiava as camadas e traçava as rotas de deposição de material. A deposição variável de material era configurada através da interseção das rotas geradas

anteriormente com uma região escolhida onde o fluxo de material seria alterado. Foram propostos corpos de prova com regiões com rotas no formato de feixes paralelos e com menos deposição de material em relação ao resto da peça. Para verificar a deposição de material foi utilizada a técnica de microscopia confocal (Departamento de Engenharia de Produção, NUMA/EESC-USP), a fim de analisar a geometria dos feixes impressos. Para ilustrar a aplicação do algoritmo, foram desenvolvidos modelos geométricos de mecanismos que fossem capazes de serem fatiados com o algoritmo desenvolvido e que respondessem a um comportamento de flexibilidade.

### Resultados

O perfil dos feixes depositados foi analisado no comprimento de 10,00 mm, sendo que 1,50 mm correspondem à transição do intervalo de recuperação de região de interesse. A média das medições obtidas nos 20 feixes impressos em ABS foi de 8,40 mm com um desvio padrão de 0,25 mm. Esse valor é coerente ao intervalo de 10,00 mm, pois considera os 1,50 mm do intervalo de recuperação. O valor encontra-se com uma diferença de aproximadamente 1,18% em relação ao valor esperado de 8,50 mm e pode ser explicado devido a própria reologia do polímero que sobre variações no momento da extrusão. A Fig. 1 mostra em detalhe os feixes impressos, podendo notar a diferença entre as larguras dos feixes.

Dois mecanismos foram desenvolvidos em parceria com o grupo de Design da FEUP-Portugal. As Fig. 2 (trava) e 3 (snap-fit) ilustram os designs em que a flexão de uma seção impressa é utilizada para as funções de trava por restrição do deslocamento.

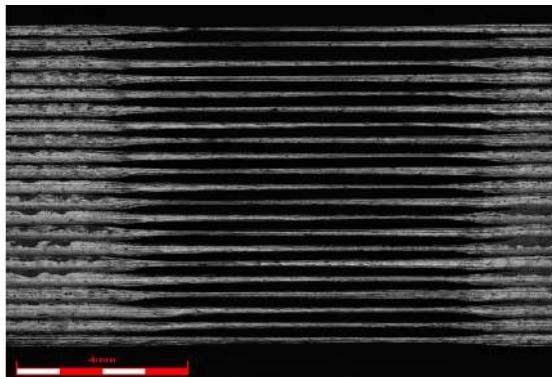


Figura 1: Microscopia Confocal de feixes em ABS em uma segmento de 10 mm (Adaptado de IDOGAVA, 2022).



Figura 2: Mecanismo com sistema de catraca antes da flexão (esquerda) e em flexão (direita) que só permite a rotação horária (próprio autor).

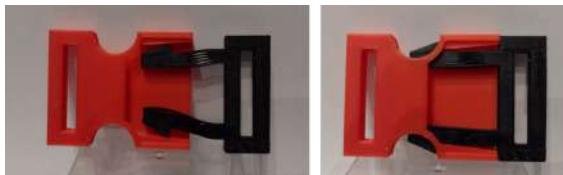


Figura 3: Snap-fit antes do encaixe (esquerda) e encaixado (direita). (próprio autor).

O algoritmo teve o código fonte publicado na plataforma github (COUTO e IDOGAVA, 2020), sob licença de código livre GNU General Public License v2.0. O pacote em formato de biblioteca está disponível sob nome AltPrint no Python Package Index, disponível em: <https://pypi.org/project/altprint/>. O Manual do Usuário (Fig. 4) está disponível no repositório do github, sob o diretório "/doc".

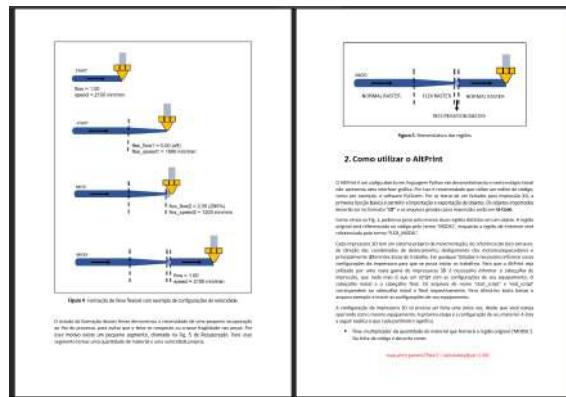


Figura 4: Manual do Usuário. (próprio autor).

## Conclusões

Os resultados obtidos neste trabalho corresponderam ao cronograma proposto, contemplando a implementação, refinamento do código, aplicação e o ensaio com microscopia confocal que mostrou consistência nas formas impressas. O objetivo principal foi alcançado com o desenvolvimento de um algoritmo e a sua implementação que permite a variação da taxa de extrusão nas trajetórias de preenchimento. A principal mudança proposta pelo código é a criação de seções com variação de densidade, e, portanto, de rigidez que promovem flexibilidade (conforme demonstrado em aplicações de design). O estudo dos feixes impressos em equipamentos de impressão 3D comerciais, bem como o uso do ABS como termoplástico comercial mostra certa robustez do código para a reprodutibilidade por outros usuários que deve ser explorada em futuras análises. A publicação do código e do Manual do Usuário em plataforma aberta atendem aos objetivos secundários, difundindo o conhecimento obtido e permitindo novas linhas de pesquisas na área de MA e a utilização por usuários de tecnologia.

## Referências Bibliográficas

- COUTO, D. M. S., IDOGAVA, H. T. AltPrint: Alternative 3d Printing. Disponível em: <https://github.com/couto0/altprint>  
 IDOGAVA, H. T. Desenvolvimento e Validação Experimental de um Algoritmo para Planejamento Aditivo Baseado na Variação de Taxa de Extrusão. Tese de Doutorado da Universidade de São Paulo, 2022.