

## Desenvolvimento de módulo de movimentação para manufatura aditiva<sup>(1)</sup>.

Victor Manoel de Andrade dos Santos<sup>(2)</sup>; Larozan Breigeron Hinkel<sup>(3)</sup>; Igor Anes Romero<sup>(4)</sup>; Leonardo Santana<sup>(5)</sup>; Diovani Castoldi Lencina<sup>(6)</sup>; Aurélio da Costa Sabino Netto<sup>(7)</sup>

### Resumo Expandido

<sup>(1)</sup> Trabalho executado com recursos do Edital nº 12/PROPPI/2013, da Pró-Reitoria de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação

<sup>(2)</sup> Bolsista; Instituto Federal de Santa Catarina; Florianópolis, SC; vector4100@gmail.com; <sup>(3)</sup> Bolsista; Instituto Federal de Santa Catarina; Florianópolis, SC; larozan@hotmail.com; <sup>(4)</sup> Bolsista; Instituto Federal de Santa Catarina; Florianópolis, SC; igor\_romero01@hotmail.com; <sup>(5)</sup> Pesquisador; Universidade Federal de Santa Catarina; Florianópolis, SC; leonardosantana29@gmail.com; <sup>(6)</sup> Professor; Instituto Federal de Santa Catarina; Florianópolis, SC; diovani@ifsc.edu.br; <sup>(7)</sup> Professor; Instituto Federal de Santa Catarina; Florianópolis, SC; asabino@ifsc.edu.br.

**RESUMO:** Diferentes conceitos para o módulo extrusor para o processo de Fusão e Deposição de Materiais (FDM) tem sido objeto de várias pesquisas. A utilização da extrusão por rosca amplia apresenta barateia e flexibiliza fabricação de protótipos em diferentes materiais. Entretanto, devido às suas características a adaptação em estruturas de máquinas *open source* de baixo custo não é viável. Este projeto tem como objetivo desenvolver um módulo mecânico com mesa de construção com movimentação nos eixos XYZ e que permita receber diferentes módulos de extrusão, além de outras tecnologias. Com o auxílio da metodologia PRODIP, realizou-se a seleção tanto dos componentes mecânicos quanto dos eletroeletrônicos. O resultado obtido foi um protótipo de uma máquina com plataforma de construção com movimentação em três eixos, controlada por meio de um computador utilizando o software Mach3. Nos testes em bancada, o sistema apresentou funcionamento pleno e atende aos requisitos de movimentação.

**Palavra Chave:** Impressora 3D, extrusão, mesa XYZ.

### INTRODUÇÃO

No processo de convencional Fusão e Deposição de Materiais (FDM) as camadas são obtidas a partir da deposição de um polímero através de um cabeçote de extrusão. A matéria-prima, adquirida em carretéis, se apresenta na forma de filamento o qual é direcionado para o interior de um cabeçote (VOLPATO et al., 2007). O cabeçote é dotado resistências que promovem a fusão do filamento. A pressão gerada pela entrada do filamento promove a saída do material fundido do cabeçote pelo bico de extrusão que tem diâmetros típicos de 0,3 a 0,5 mm.

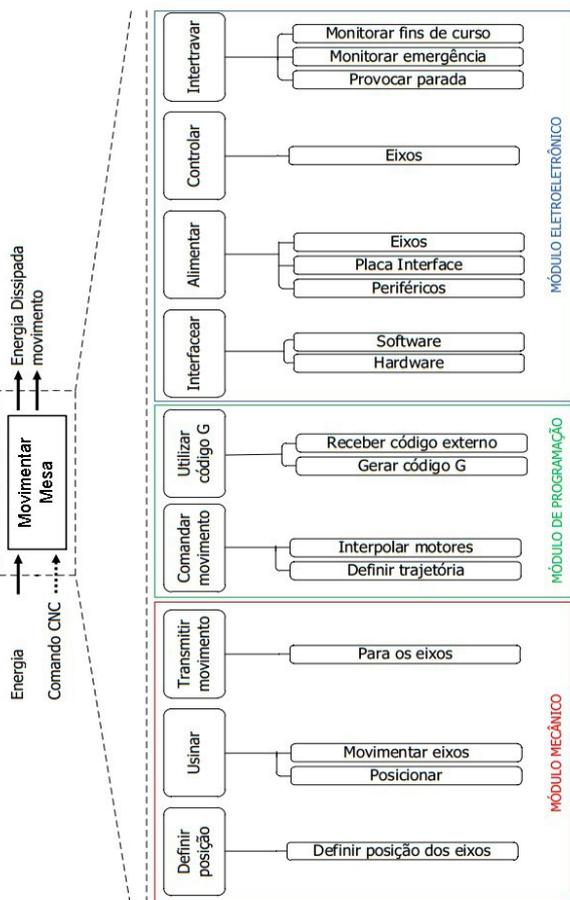
O uso de diferentes conceitos para o módulo extrusor tem sido objeto de várias pesquisas em manufatura aditiva. Kretschek (2012) notou que os conceitos mais estudados são os com extrusão por êmbolo e extrusão por rosca. Observa-se que nos estudos realizados com extrusão por rosca vários pesquisadores construíram bancadas que permitiam a deposição dos filamentos e validação dos seus módulos extrusores (BELLINI, 2002; NIXON e TAN, 2007; BRAAKER et al., 2010). Braaker et al. (2010)

estudou a desenvolvimento de um cabeçote de extrusão por rosca e concluiu que acoplamento em uma máquina de FDM de baixo custo é muito difícil. Entende-se que um dos motivos para a dificuldade encontrada no trabalho citado é que na de extrusão por rosca, seria interessante que a mesa de construção se movimentasse nos eixos cartesianos XYZ e o cabeçote de extrusão permanecesse fixo, em função de sua forma e massa.

O objetivo geral deste trabalho é desenvolver um módulo mecânico com mesa de construção com movimentação nos eixos XYZ e que permita receber diferentes módulos de extrusão.

### METODOLOGIA

Utilizando metodologia PRODIP definiram-se os requisitos de projeto para o desenvolvimento do módulo mecânico e dos sistemas elétricos do equipamento. Foi elaborada a síntese funcional para o equipamento, sendo esta apresentada na Figura 1. Com base na síntese funcional, definiram-se os componentes e arquitetura utilizada.



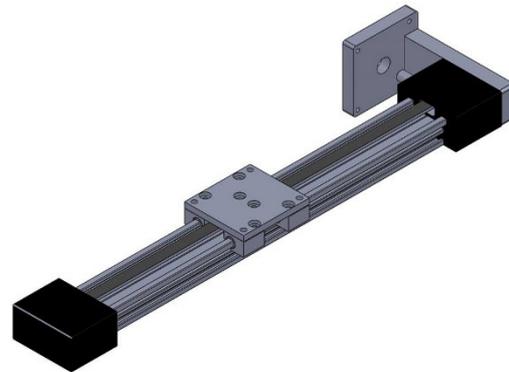
**Figura 1: Síntese funcional para o módulo extrusor**

### Desenvolvimento do módulo mecânico

Foi realizada uma pesquisa bibliográfica acerca de mesas com movimentação em três eixos. Com base em projetos existentes voltadas a esta finalidade, constatou-se que não existia um módulo que atendesse às necessidades do projeto com baixo custo. Outra questão importante a ser considerada neste projeto foi a modularidade. Pretendia-se que o módulo fosse adaptável a diversos processos de manufatura aditiva, inicialmente atendendo a diferentes módulos de extrusão para FDM e posteriormente a outras tecnologias. Isto ampliaria o uso do equipamento para processos de usinagem, corte, gravação e sinterização a laser, estereolitografia, etc.

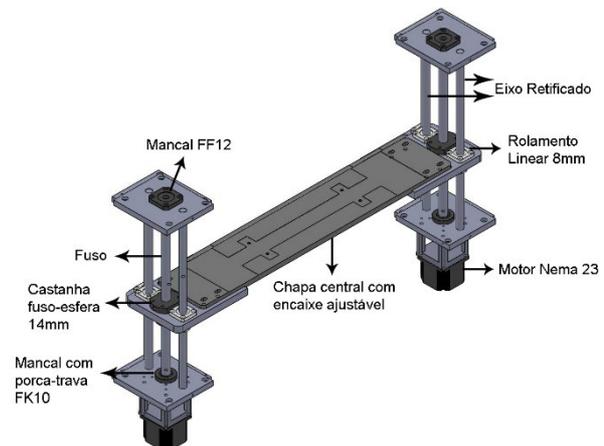
O projeto do equipamento iniciou com base em um volume de construção de 200x200x180mm (XYZ). Para o sistema de movimentação nos eixos X e Y definiu-se a utilização de duas guias lineares comerciais Iigus® Drylin ZLW 0630, figura 2. As guias selecionadas possuem sistema de

transmissão de movimento por meio de polia e correia o que confere ao sistema uma maior velocidade de movimentação. O curso para a movimentação nestes dois eixos é igual e corresponde a 250 mm.



**Figura 2: Módulo Iigus® Drylin ZLW 0630.**

Para o eixo de movimentação Z optou-se pela construção de um sistema de elevação com transmissão de movimento por meio de castanha e fuso de esfera. Utilizando este tipo de sistema é possível conferir velocidades moderadas e boa precisão de movimento. A confecção foi realizada utilizando os equipamentos do Laboratório de Máquinas Operatrizes (MOP) do IFSC, a figura 3 aponta a montagem e os componentes individuais do sistema.



**Figura 3: Montagem do eixo Z.**

Com base nos deslocamentos dos eixos XYZ foi projetada a estrutura da máquina. Obedecendo aos critérios adotados para o projeto, optou-se por uma estrutura em forma de paralelepípedo, com utilização de perfis estruturais de alumínio de 30x30mm e fixação por cantoneiras. As dimensões finais da estrutura foi de 710x530x510 mm (LxPxH). A montagem dos eixos ficou disposta de forma

que eixo Z sustenta os eixos X e Y, movimentando-os verticalmente. Os eixos X e Y estão dispostos perpendicularmente um ao outro, sendo que a guia X é acoplada diretamente ao eixo Z e a guia Y é acoplada no carro do eixo X, utilizando um espaçador de acoplamento, figura 4

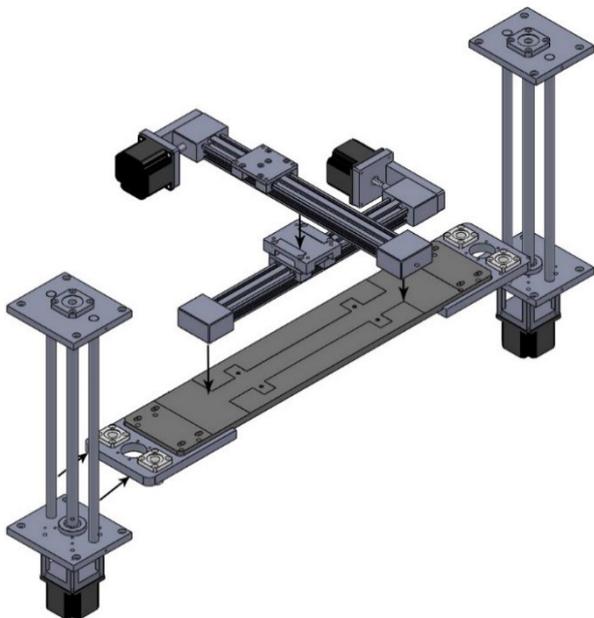


Figura 4: Esquema de montagem dos eixos XYZ.

O modelo final do projeto mecânico apresenta a montagem completa dos eixos X, Y e Z dentro da estrutura e com os demais componentes do projeto, figura 5.

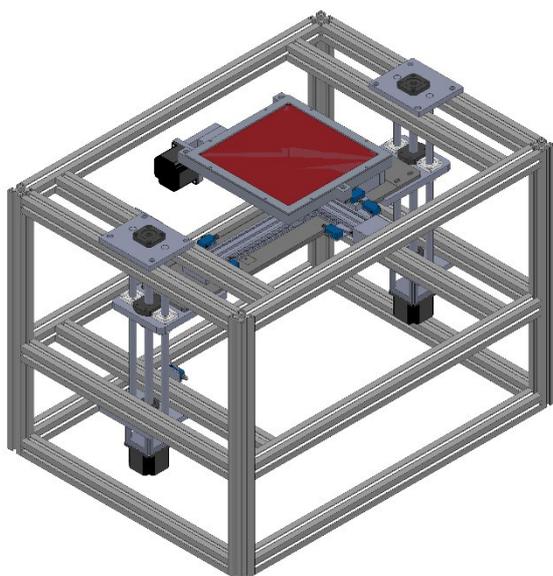


Figura 5: Montagem completa do módulo mecânico.

## Desenvolvimento do Módulo Eletroeletrônico

O sistema de controle do equipamento é responsável por fazer a interface entre programação e máquina, para que dessa forma o usuário programe uma ação e a máquina execute, para tanto foi necessário desenvolver um gabinete de controle utilizando componentes eletrônicos com diversas funcionalidades.

Utilizaram-se no projeto duas fontes de alimentação para os sistemas eletroeletrônicos, ambas com saídas em corrente contínua, uma com saída 24V utilizada para energizar a contactora elétrica do sistema de intertravamento. A placa controladora GX é alimentada separadamente por meio da tensão 5V provida pelo PC, a mesma foi escolhida por possuir expansibilidade para até 6 eixos de movimentação, controle de drivers de motor por meio de tecnologia step/dir, ou seja, compatível com os requisitos dos drivers STR8 escolhidos, além de possuir comunicação serial máquina/PC e oferecer compatibilidade com o software de controle Mach3.

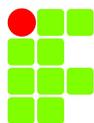
A segunda fonte possui saída de 48V, utilizada para alimentar os drivers de controle de motor STR8 da fabricante Applied Motion, capazes de acionar os mais diversos modelos de motores de passo, suas vantagens de utilização são a grande precisão de acionamento oferecida por meio do sistema *smooth step* que proporciona movimentação mais suave com acionamento por micro passo, sinais de saída de erro e grande capacidade de potência de acionamento.

A opção de software para controle e IHM do equipamento foi o Mach3, por possuir flexibilidade, qualidade e baixo custo, o software em questão é amplamente utilizado em desenvolvimento de máquinas CNC independentes. Outro fator que levou a escolha é pelo mesmo ser utilizado como plataforma didática para ensino de construção de máquinas, desta forma os pesquisadores estavam mais familiarizados com a plataforma.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Testes para validação da interface do módulo eletroeletrônico com o módulo mecânico foram realizados e apresentaram um bom desempenho por corresponderem às expectativas quanto ao sistema de segurança e de controle. O sistema de intertravamento apresentou desempenho correto, interrompendo a movimentação quando solicitado.

Durante a montagem, foram verificados



problemas decorrentes de folgas nas guias lineares utilizadas nos eixos X e Y. Este efeito é uma limitação técnica do sistema de movimentação escolhido que pode apresentar uma folga de +/- 1mm nas buchas do carro móvel. Para corrigir este problema foi solicitada junto ao fornecedor a troca dos conjuntos.

No quesito movimentação os testes foram apenas qualitativos não revelando nenhum tipo de dado referente à precisão ou confiabilidade. Os testes de validação da máquina propostos consistem em averiguar a precisão, exatidão e repetitividade do movimento dos eixos, a fim de definir a precisão e confiabilidade do equipamento desenvolvido. Sugere-se a realização de testes conforme a norma ABNT NBR NM ISO 230-2:1999.

### **CONCLUSÕES**

O protótipo final obtido apresenta uma máquina de movimentação de coordenadas XYZ, controlada por meio de um computador utilizando o software mach3. Nos testes em bancada, o sistema apresentou funcionamento pleno de suas especificações atendendo aos requisitos de movimentação. Analisando qualitativamente a máquina apresenta funcionamento adequado e se enquadra nos moldes exigidos pelo projeto, todavia não foram realizados testes para verificar a precisão e exatidão da máquina como um todo, devido ao problema apresentado com as guias lineares.

### **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem o Instituto Federal de Santa Catarina pelo apoio fornecido para a realização deste trabalho.

### **REFERÊNCIAS**

BELLINI, A. Fused Deposition of Ceramics: A Comprehensive Experimental, Analytical and Computational Study of Material Behavior, Fabrication Process and Equipment Design. 2002. 319f. Tese – Drexel University, USA.

BRAAKER, G. P.; DUWEL, J. E. P.; FLOHIL, J. J.; TOKAYA, G. E. Developing a plastics recycling add-on for the RepRap 3D printer. NLD: TU Delft, 2010. Relatório – Universidade de Tecnologia de Delft. Disponível em <<http://reprapdelft.wordpress.com>>. Acesso em: 11 de maio de 2013.

KRETSCHEK, D. Desenvolvimento de um cabeçote de extrusão por êmbolo para polipropileno granulado visando a manufatura aditiva. 127f. Dissertação (Mestrado). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curso de Pós-graduação em Engenharia Mecânica e de Materiais, Curitiba, 2012.

NIXON, T.; TAN, A. Rapid Prototype Manufacturing System. 2007. 163f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Mecânica) – AUS, Australia.

VOLPATO, N.; et al. Prototipagem Rápida: Tecnologias e Aplicações. São Paulo: Edgard Blücher, 2007.