

COBEF2017-0325

DESENVOLVIMENTO DE DISPOSITIVO ELETROMECHANICO PARA IMPRESSÃO 3D PARA APLICAÇÕES EM ATIVIDADES DE APRENDIZAGEM BASEADA EM PROJETOS - PBL

Resumo: Atualmente, a aprendizagem baseada em projetos ou PBL (Project-Based Learning) é uma moderna perspectiva de ensino que busca, em essência, o engajamento dos estudantes na pesquisa e experimentação. Embora, considerada válida e importante do ponto de vista metodológico sua aplicação voltada ao ensino de engenharia de fabricação encontra diversas barreiras, notadamente, na etapa de desenvolvimento de protótipos. Pois, em geral, a construção desses protótipos compromete um tempo significativo da disciplina devido à natureza, complexidade e habilidades envolvidas na produção dos componentes necessários. Dentro desta perspectiva, o presente trabalho apresenta o desenvolvimento de um dispositivo eletromecânico de baixo custo e de código aberto para impressão 3D, a partir do método de Modelagem por Fusão e Deposição (FDM), que pode atender as necessidades dos estudantes dessas disciplinas. Neste sentido, o trabalho apresenta a concepção do dispositivo, as descrições das soluções adotadas para as partes mecânica e eletrônica e o desenvolvimento da integração e programação, bem com as técnicas de impressão adotadas, os procedimentos de calibração, a análise das peças fabricadas, além das sugestões para trabalhos futuros. É importante destacar que o próprio dispositivo foi desenvolvido por estudantes em um projeto de conclusão de curso da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Palavras-chave: Dispositivo eletromecânico, impressão 3D, protótipo, manufatura aditiva, código aberto, Modelagem por Fusão e Deposição (FDM), Aprendizagem Baseada em Projetos.

1. INTRODUÇÃO

A Aprendizagem Baseada em Projetos (PBL -Project-Based Learning) é uma moderna perspectiva de ensino que visa, essencialmente, o protagonismo dos estudantes nas atividades de ensino, pesquisa e experimentação. Nesse modelo, os estudantes buscam obter soluções para projetos envolvendo todas as fases de um projeto até a de criação de artefatos, os quais são representações das soluções encontradas e refletem o estado emergente do conhecimento, sendo estes concretos e explícitos (p.e.: modelos, protótipos, relatórios, vídeos ou programas de computador, entre outros) (BLUMENFELDER et al., 1991).

Porém a fase de construção de artefatos ou protótipos na Aprendizagem Baseada em Projetos ainda representa uma barreira para a sua implementação eficaz no ensino de engenharia, as quais são decorrentes ou pela falta de capacidade técnica para a construção de protótipos físicos ou devido ao tempo reduzido disponível de projeto. Além disso, tradicionalmente, os estudantes dispõem somente de recursos convencionais de fabricação, tais como máquinas de usinagem (tornos mecânicos, furadeira, fresadoras, etc.), equipamentos de soldagem e bancadas para ajustagem mecânica e montagem, e teste de *hardware* (ABREU, 2014; ANDRADE, 2012).

Neste sentido, o uso de tecnologia de impressão 3D é recomendável, pois pode não somente reduzir o tempo de obtenção de protótipos funcionais, mas também permitir a produção de componentes com geometrias complexas a custos reduzidos, os quais seriam de difícil execução ou mesmo impossíveis de se obter por processos convencionais disponíveis em uma oficina, oferecendo, assim, a verificação de conceitos e a validação experimental de projetos, além de disponibilizar aos estudantes o acesso a novas tecnologias que apresentam grande aceitação no mercado (ABREU, 2014).

Uma simples impressora 3D pode produzir diversos produtos usando vários materiais, permitindo também a possibilidade de implementação de novos modelos de negócios e a economia na fabricação. Esse equipamento é usado principalmente para a produção de uma peça única (de um lote), que pode ser considerada como um protótipo (ABREU, 2014).

Nas primeiras versões, as impressoras 3D (por manufatura aditiva) empregavam o plástico ABS (Acrilonitrila Butadieno Estireno) como material básico, mas hoje já existe uma grande variedade de materiais disponíveis a baixo custo, um exemplo de termoplástico é o PLA (Ácido Polilático) (ABREU, 2014).

Neste contexto, o presente trabalho apresenta o desenvolvimento de um dispositivo eletromecânico de baixo custo e de código aberto capaz de fabricar objetos tridimensionais a partir da manufatura aditiva, bem como apresenta a integração das partes mecânica, eletrônica e programação.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

É importante destacar que o presente artigo é resultado do Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) de Tecnologia em Mecatrônica Industrial da UTFPR e adotou como referências as impressoras 3D de código aberto *RepRap*

(*Replicating Rapid Prototyper* ou Protótipo de Replicação Rápida), na figura 1 apresenta-se um exemplo de impressora 3D RepRap.

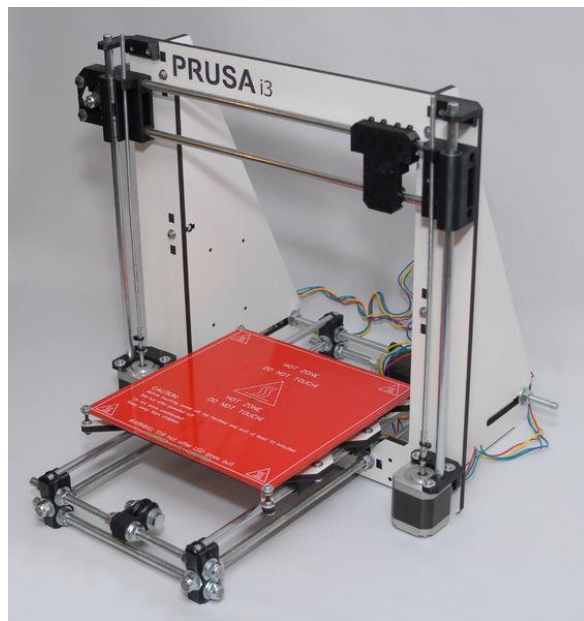


Figura 1. Exemplo de impressora 3D Reprap – Prusa i3 (fonte: Reprap).

Na figura 2, por sua vez, é apresentado o desenvolvimento do projeto conceitual envolvendo a configuração da estrutura do equipamento, as soluções para movimentação do eixo vertical (Z) e dos eixos (X, Y), bem como a escolha da configuração dos motores de passo, movimento por correia, fusos e guias lineares.

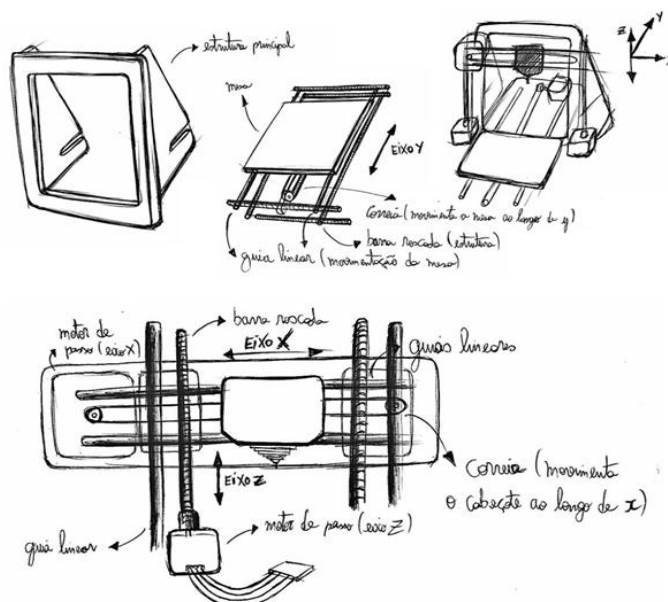


Figura 2. Etapa de Projeto Conceitual da impressora 3D (fonte: autoria própria).

No desenvolvimento do projeto preliminar, após a definição das soluções conceituais, foram selecionados, preferencialmente, materiais de fácil acesso, baixo custo e de manutenção simples, tais como: placas de MDF e perfis de alumínio para compor a estrutura. Na figura 3 é apresentada a implementação do projeto detalhado da estrutura e sistema de guias.



Figura 3. Estrutura da máquina com madeira MDF e partes em alumínio (fonte: autoria própria).

Após projeto detalhado da parte estrutural e mecânica do equipamento, a parte eletrônica foi projetada visando equiparar características com as tradicionais *RepRaps*. Dentro desta perspectiva, foram selecionados: a) bico extrusor responsável por derreter o filamento (*hot end*); b) motor de passo com 4 fios – bipolar – selecionado pela vantagem de controlar a posição, repetir os movimentos; c) microcontrolador *Arduino ATmega 2560* responsável por gerenciar todos os programas necessários para o funcionamento da máquina e pelo armazenamento de toda a parte de programação; d) placa de expansão ou *shield RAMPS* responsável por conectar diretamente os motores de passo, sensores, *display LCD*, entre outros; e) *drivers* de motor de passo, *chips Allegro A4988* que controlam os motores, apresentados nas figuras 4 a 6, respectivamente.

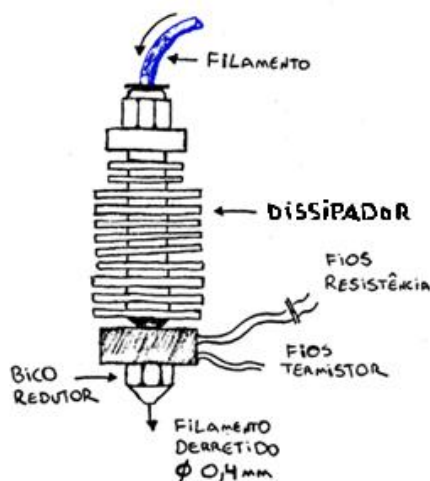


Figura 4. Esboço do *hot end*, bico extrusor (fonte: autoria própria).

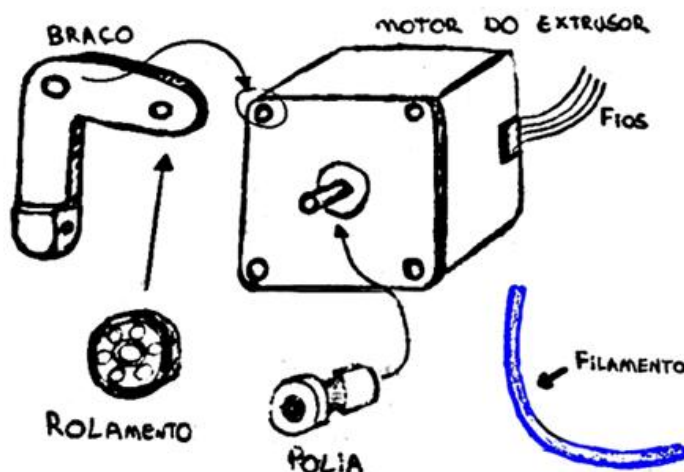


Figura 5. Esboço do motor de passo do extrusor e acoplamentos (fonte: autoria própria).



Figura 6. Kit eletrônico importado. Da esq. para direita: *hot end*, *display LCD*, 5 *drivers* para motor de passo, microcontrolador *Arduino ATmega 2560* e placa de expansão *shield RAMPS v. 1.4* (fonte: autoria própria).

Na parte de programação e *software*, foi escolhido o *firmware Marlin* que possui diversos controles, tais como: controle de calibração, de temperatura, ajuste do limite de deslocamentos para segurança do sistema, tem fácil integração com IHM – Interface Homem Máquina e suporte para utilização de cartão SD.

Os principais softwares utilizados para o desenvolvimento do equipamento foram: *software* original do *Arduino*, denominado *Arduino IDE (Integrated Development Environment* ou Ambiente de Desenvolvimento Integrado), responsável por editar os códigos de programação dos arquivos que compõem o *firmware* – figura 7 (a); *software Slic3r* é o responsável por gerar o código da impressora 3D (código G ou GCode), a partir do arquivo 3D. Entre as vantagens, os *softwares* são gratuitos, possuem controle e interface simples de manipular, são rápidos e permitem a visualização e o controle da trajetória de impressão, além de configuração e ajuste do preenchimento interno do objeto - figura 7 (b).

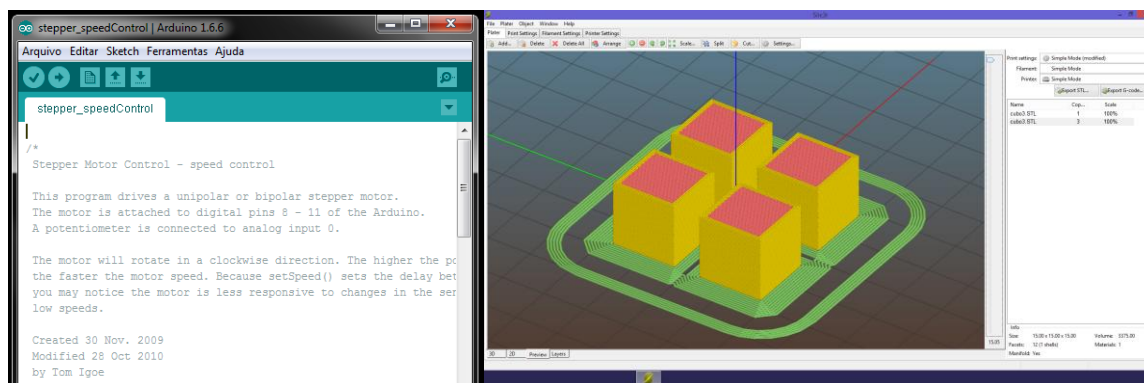


Figura 7. (a) Software de programação Arduino IDE (b) Software Slic3r que gera o código para a impressora 3D (fonte: autoria própria).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O conceito do projeto foi desenvolver um equipamento composto por módulos, de forma a permitir uma simples desmontagem para eventuais ajustes e melhorias, sem comprometer o todo. Para os acoplamentos do eixo (X), foram usinados blocos de alumínio que possibilitassem o encaixe nas guias lineares, o trabalho de usinagem foi executado na máquina Tormach PCNC 1100 da UTFPR, o antes e depois e a montagem dos componentes no equipamento (figura 8).

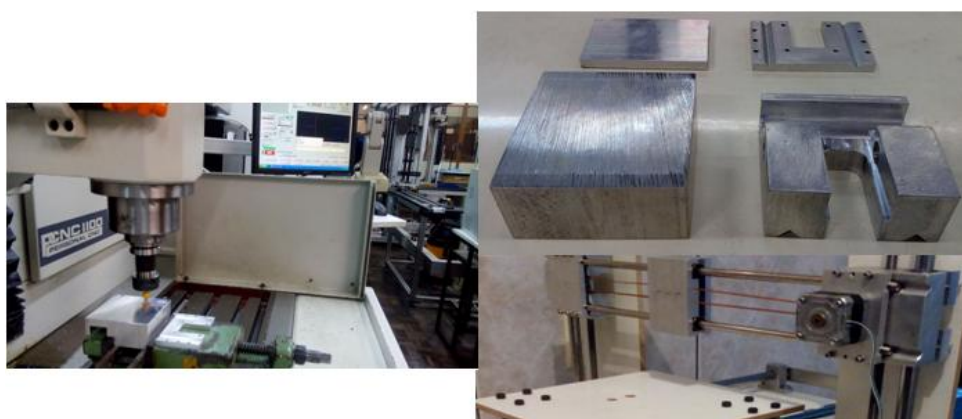


Figura 8. Trabalho de usinagem na UTFPR e acoplamentos do eixo X usinados (fonte: autoria própria).

A figura 9 ilustra a impressora 3D e um esquema que denota os motores de passo e seus respectivos eixos de movimento (eixo Z vertical na cor azul, eixo X horizontal na cor vermelha e eixo Y longitudinal na cor verde).

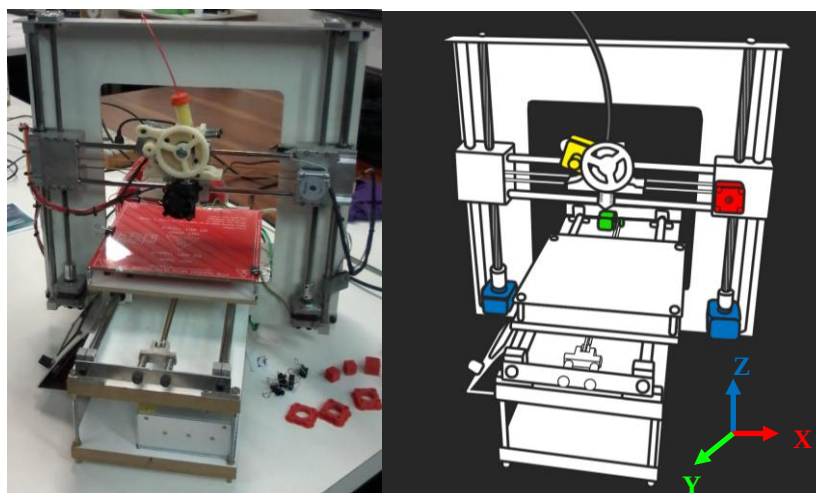


Figura 9. Impressora 3D e seus respectivos eixos de movimento (fonte: autoria própria).

A evolução da montagem do equipamento pode ser conferida na figura 10, com a mesa em uma posição mais elevada, para permitir a alocação dos componentes eletrônicos (*display LCD*, fonte chaveada, mesa de impressão, entre outros).

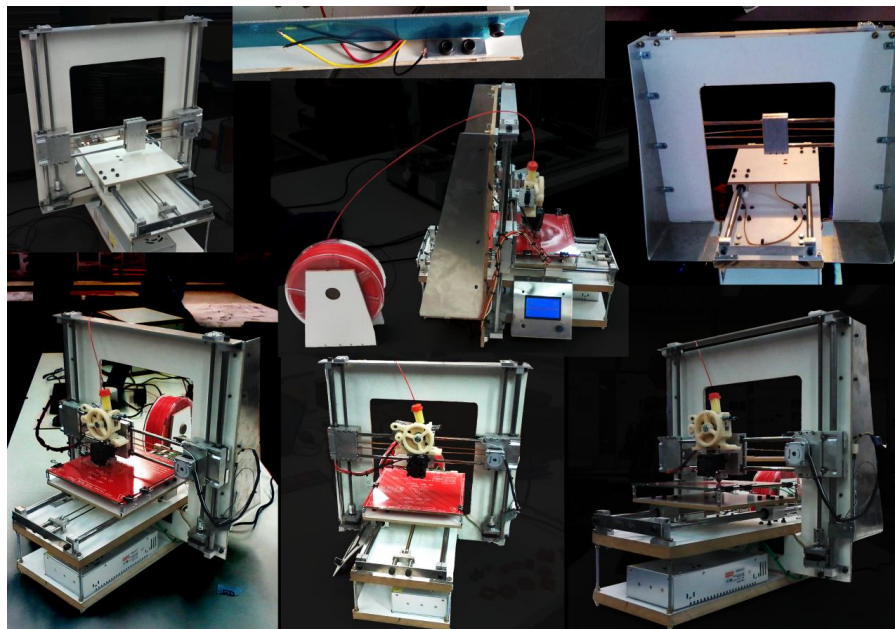


Figura 10. Partes modulares e evolução da montagem do equipamento (fonte: autoria própria).

A parte que o usuário controla e acessa os menus do equipamento é feita por uma IHM, através de um botão seletor e por uma tela *LCD* que mostra as informações, tais como: temperatura do bico extrusor, temperatura da mesa de impressão, tempo decorrido, porcentagem do processo, entre outras (figura 11).

ELEMENTOS DA IHM (INTERFACE HOMEM-MÁQUINA)

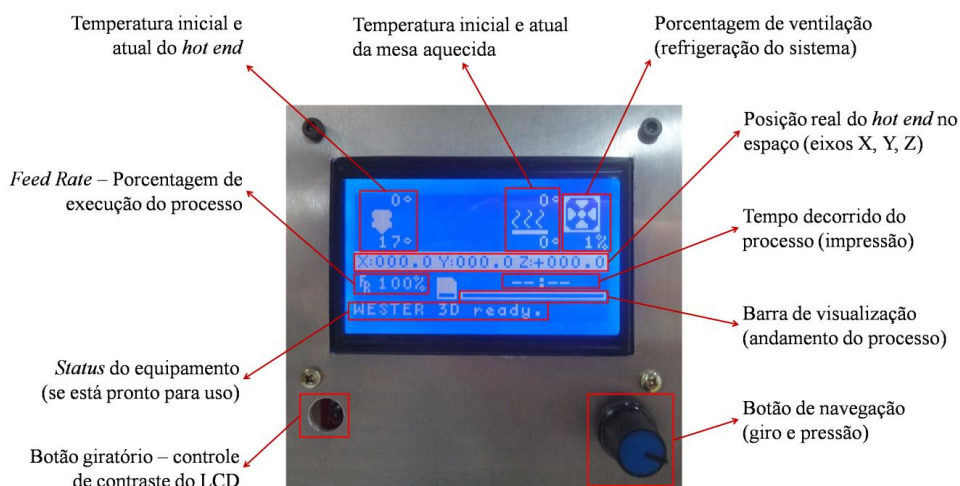


Figura 11. Parte de controle do equipamento através da IHM (fonte: autoria própria).

Com o objetivo de atestar a repetibilidade e exatidão, foi feita a calibração dos eixos (figura 12) com um relógio comparador. O motor de passo funciona através de pulsos que são enviados pelo microcontrolador e a partir de uma quantidade de pulsos há uma rotação equivalente. O relógio foi utilizado no sentido de obter o valor exato de pulsos que correspondem ao real deslocamento linear dado em mm de cada eixo.



Figura 12. Calibração dos eixos com relógio comparador (fonte: autoria própria).

Outro processo utilizado para verificar os resultados, foi através da impressão de um conjunto de cubos, com o objetivo de fazer a medição por meio de equipamentos da metrologia como paquímetro, micrômetro, entre outros. A figura 13 ilustra as dimensões do cubo (15 mm em cada eixo) e a impressão dos cubos feita pelo equipamento.

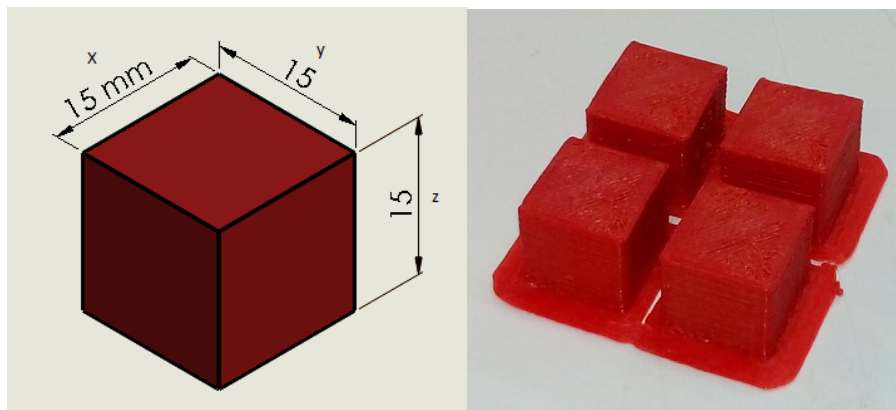


Figura 13. Medições do cubo e objetos impressos (fonte: autoria própria)

A finalização do projeto teve seu objetivo atingido, possibilitando a impressão de objetos 3D, tais como os cubos que foram utilizados na calibração (figura 14).

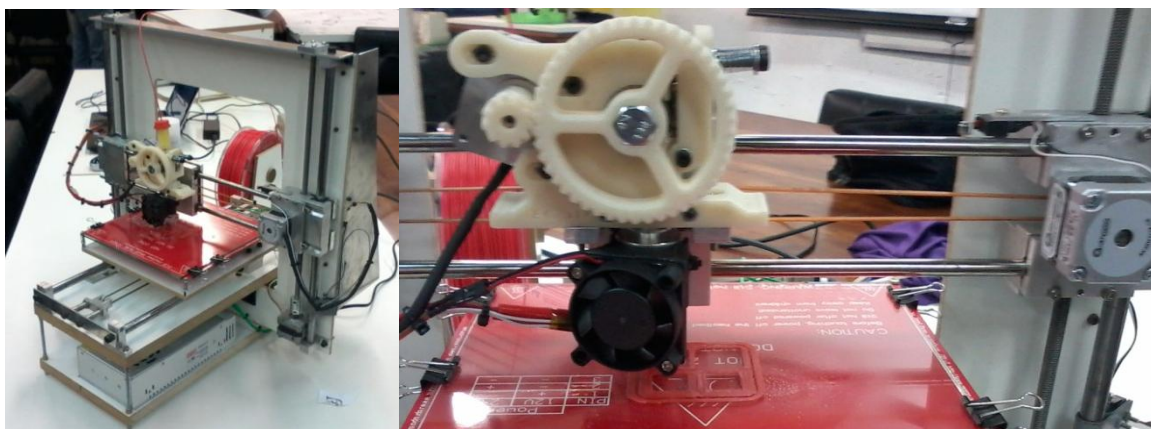


Figura 14. Impressão 3D dos cubos (fonte: autoria própria)

4. CONCLUSÕES

O desenvolvimento do projeto foi realizado considerando a própria essência da Aprendizagem Baseada em Projetos (PBL), a qual permitiu aos estudantes envolvidos vivenciar de forma intensa um projeto real. Neste sentido, os estudantes foram motivados a assumir os papéis de desenvolvedores colocando em prática todas as competências e habilidades adquiridas ao longo do curso envolvendo as áreas de mecatrônica (mecânica, eletrônica e programação).

Adicionalmente, os estudantes foram levados a discutir e acumular uma base considerável de informações necessárias para a realização do projeto, muito além do que seria possível apresentar em uma disciplina convencional.

Nesta perspectiva ainda, os estudantes foram motivados a criar, inovar, preparar a apresentação do projeto, negociar os critérios de avaliação e, por fim, implementar e apresentar o projeto concluído e funcionando.

É importante destacar também que os estudantes foram confrontados com a real necessidade de refletir sobre o processo de projeto e avaliar o seu desempenho em relação a critérios iniciais, atividade que dificilmente pode ser realizada em uma disciplina convencional.

Neste contexto, um aspecto fundamental de qualquer projeto é o custo de desenvolvimento e construção de um equipamento, o projeto desenvolvido no presente trabalho foi de R\$ 1080,00 e ao se considerar o preço de modelos similares disponíveis à venda no mercado, representa um projeto competitivo.

Por fim, em termos de engenharia, o equipamento foi capaz de imprimir objetos e produtos pelo método de deposição em camadas de polímeros, a partir do qual podem ser desenvolvidas outros componentes para aplicação em outras atividades de aprendizagem baseada em projetos nas áreas de mecatrônica e demais engenharias. A calibração do sistema mostrou um desvio médio no eixo X, Y e Z de 0,30 mm, 0,4 mm e 0,2 mm, respectivamente, o que pode ser explicado em função da escolha do sistema de acionamento adotado: por correia dentada (para acionamento em X e Y) e fuso (para acionamento em Z).

5. AGRADECIMENTOS

Vale registrar o apoio do Laboratório de Metrologia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná que disponibilizou a estrutura e equipamentos necessários para a realização deste trabalho. Agradecimentos a todos os familiares, amigos e parceiros que tornaram realidade esse projeto.

6. REFERÊNCIAS

ABREU, Paulo; RESTIVO, Maria Teresa; QUINTAS, Manuel Rodrigues; CHOUZAL, Maria de Fátima; SANTOS, Bruno Filipe; RODRIGUES, José; ANDRADE, Tiago Faustino. On the use of a 3D printer in mechatronics projects. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INTERACTIVE COLLABORATIVE LEARNING (ICL), 17., 2014, Dubai, UAE. Proceedings of the 17th IEEE-ICL(2014). Dubai: IEEE, 2014, p.995-999. Disponível em: <<http://goo.gl/XpdlbP>>. Acesso em 10 abr. 2015.

ANDRADE, Tiago Faustino. Project Based on Learning Activities in Engineering Education. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INTERACTIVE COLLABORATIVE LEARNING (ICL), 15., 2012. Villach, Austria. Proceedings of the 15th IEEE-ICL (2014). Villach, Austria: IEEE, 2012, p.1-6.

BLUMENFELDER, Phyllis C.; SOLOWAY, Elliot; MARX, Ronald W.; KRAJCIK, Joseph. S.; GUZDIAL, Mark; PALINCSAR, Annemarie. Motivating Project-Based Learning: Sustaining the Doing, Supporting the Learning. Educational Psychologist, vol. 26 (3-4), p. 369-398), 1991.

REPRAP. Prusa-i3. Disponível em: < <http://goo.gl/qEck7V> >

7. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.

COBEF2017-0325

DEVELOPMENT OF ELECTROMECHANICAL DEVICE FOR 3D PRINTING FOR APPLICATIONS IN PROJECT-BASED LEARNING ACTIVITIES – PBL

Abstract: *Currently, project-based learning or Project-Based Learning (PBL) is a modern research perspective, in essence engaging students in research and experimentation. Considering that methodological validation is applied to teaching engineering of systems of barriers, notably, in the stage of prototype development. In general, a prototype build compromises a significant amount of discipline time due to the nature, complexity and skills involved in producing the required components. From this perspective, the present work presents the development of a low cost, open source electromechanical device for 3D printing from a Fusion and Deposition (FDM) model. In this sense, the work presents a design of the device, such as the solutions for the solutions adopted for the mechanical and electronic parts and the development of the integration and programming, as well as the printing techniques adopted, the calibration procedures, the analysis of the manufactured parts, Besides Suggestions for future work. It is important to point out that the device itself was developed by students in a conclusion project at the Federal Technological University of Paraná.*

Keywords: *Electromechanical device, 3D printing, prototype, additive manufacture, open source, Fusion and Deposition Modeling (FDM).*