

ASPECTOS TÉCNICOS E CONTRIBUIÇÕES NA GRADUAÇÃO: O SURGIMENTO DE UMA IMPRESSORA 3D

DAVID NERY HENRIQUES KNOP^{1*}, ALEXANDRE CABRAL BEDESCHI², JOYCE KELLY DE SOUZA OLIVEIRA³, LEONARDO CASALI FERREIRA⁴, THIAGO RIBEIRO DE BARROS⁵

¹Graduando em Engenharia Elétrica - Sistemas Eletrônicos, UFJF, Juiz de Fora-MG,
david.knop@engenharia.ufjf.br;

²Graduando em Engenharia Elétrica - Sistemas Eletrônicos, UFJF, Juiz de Fora-MG,
alexandre.cabral@engenharia.ufjf.br;

³Graduanda em Engenharia Elétrica - Sistemas de Potência, UFJF, Juiz de Fora-MG,
joyce.kelly@engenharia.ufjf.br;

⁴Graduando em Engenharia Elétrica - Energia, UFJF, Juiz de Fora-MG,
leonardo.casali@engenharia.ufjf.br;

⁵Graduando em Engenharia Elétrica - Sistemas de Potência, UFJF, Juiz de Fora-MG,
thiago.barros2016@engenharia.ufjf.br;

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2018
21 a 24 de agosto de 2018 – Maceió-AL, Brasil

RESUMO: Este artigo tem como objetivo relatar motivações, processos e resultados do projeto de estudo das impressoras 3D e da montagem de uma impressora pelo Programa de Educação Tutorial da Engenharia Elétrica (PET-Elétrica) da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF). Através de estudos e pesquisas para melhorias e manutenção, obteve-se conhecimento para realizar alterações na estrutura física e de *software* para a nova impressora. O artigo descreve o projeto nos âmbitos de pesquisa (desenvolvimento técnico), ensino (apropriação e disseminação de conhecimentos) e extensão (retribuição para a sociedade), as alterações realizadas, peças utilizadas na montagem, problemas encontrados, perspectivas futuras e os resultados.

PALAVRAS-CHAVE: Impressão 3D, PjBL, Programa de Educação Tutorial, Graber i3, Prusa Mendel

TECHNICAL ASPECTS AND CONTRIBUTIONS TO THE GRADUATION: THE EMERGENCE OF A 3D PRINTER

ABSTRACT: *This article is designated to report the motivations, processes and the new printer assembling results by the Programa de Educação Tutorial da Engenharia Elétrica (PET-Elétrica) of the Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF). Through studies and researches for improvements and maintenance, it was obtained knowledge to make changes in the physical structure and software for the new printer. The article describes the project in the scope of research (technical knowledge acquired by the group), teaching (knowledge perpetuation) and extension (return for the civil and academic societies), the changes made, printed parts for the assembling, problems found, future perspectives, and also the results.*

KEYWORDS: 3D Printing, PjBL, Tutorial Education Program, Graber i3, Prusa Mendel

INTRODUÇÃO

As impressoras 3D são uma tecnologia peculiar, não somente pela complexidade do processo efetuado, bem como pela sua acessibilidade. Apesar de parecerem aspectos opostos, toda essa engenhosidade do funcionamento é facilitada por uma comunidade de entusiastas e profissionais na

área, permitindo que pessoas comuns tenham a capacidade de criar peças em três dimensões com ferramentas antes exclusivas de grandes indústrias.

Alguns aspectos foram essenciais para que a impressão 3D despontasse. Primeiramente já estavam consolidados na indústria os métodos de produção utilizados, manufatura aditiva e modelagem por depósito de material fundido. Além disso, na década de 80, surgiu um novo método precursor da impressão 3D, a estereolitografia. A partir desse ponto, ainda no século XX, o método de produção, bem como uma das principais matérias primas dessa tecnologia, o plástico ABS, já estavam disponíveis (Bedeschi et al., 2017).

Mas para se chegar na impressão 3D atual, de fácil acesso para leigos, os avanços da eletrônica e da computação foram fundamentais. Houve o barateamento de componentes eletrônicos, para a confecção de placas, bem como o surgimento de opções de microcontroladores para iniciantes, como a plataforma Arduino. Já era possível enviar comandos para os motores e sistema de aquecimento, mas para isso, é necessário um conjunto de comandos pré definidos para o controle do *hardware* da máquina, o chamado *firmware* e, com iniciativas *open source* (livre acesso), surgiram projetos gratuitos disponíveis na internet. Ou seja, o dono de uma impressora 3D não precisa se preocupar com a programação por trás de sua máquina.

Além da impressora propriamente dita, são necessários os projetos das peças a serem produzidas, e nesse ponto, o avanço dos *softwares* de modelagem 3D contribuiu muito, tornando os procedimentos simples. Caso o usuário não queira ter o trabalho de projetar sua peça, pode-se encontrar facilmente diversos desenhos gratuitos, elaborados e compartilhados por outras pessoas.

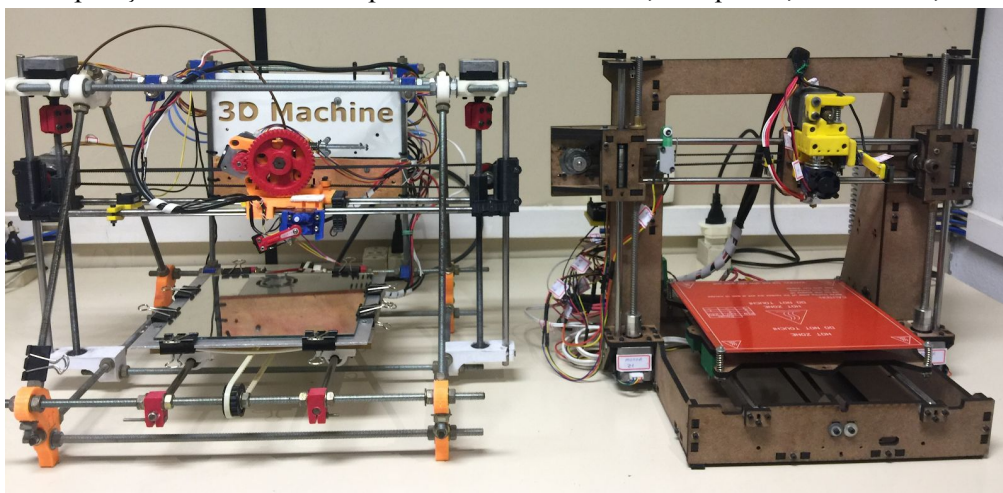
Observa-se então que a impressão 3D não surgiu de uma hora para outra como muitos pensam. Ela é um processo que levou décadas para se concretizar, e não há como negar que é de fácil acesso, seja através de impressoras proprietárias ou pela montagem de um dos diversos projetos *open source* disponíveis.

Atualmente essa tecnologia apresenta uma vasta aplicabilidade no mercado. Devido à constante diminuição de seu custo e sua adaptabilidade para situações específicas, a impressão 3D ganha espaço no ramo da medicina, por meio da produção de próteses (Bass, 2011), da construção civil, para construção de casas e pontes, além da produção de peças mecânicas em indústrias de aviação.

MATERIAL E MÉTODOS

Motivados pelas perspectivas de trabalho e aprendizado proporcionadas pelo modelo Prusa Mendel (REPRAP, 2018) (Figura 1), a primeira impressora 3D desenvolvida pelo PET Elétrica, o grupo decidiu evoluir. Baseando-se em outro protótipo, Graber i3 (Figura 1), um projeto *open source* já consolidado, iniciamos a montagem de um novo projeto.

Figura 1. Comparação estrutural das impressoras Prusa Mendel, à esquerda, e Graber i3, à direita.

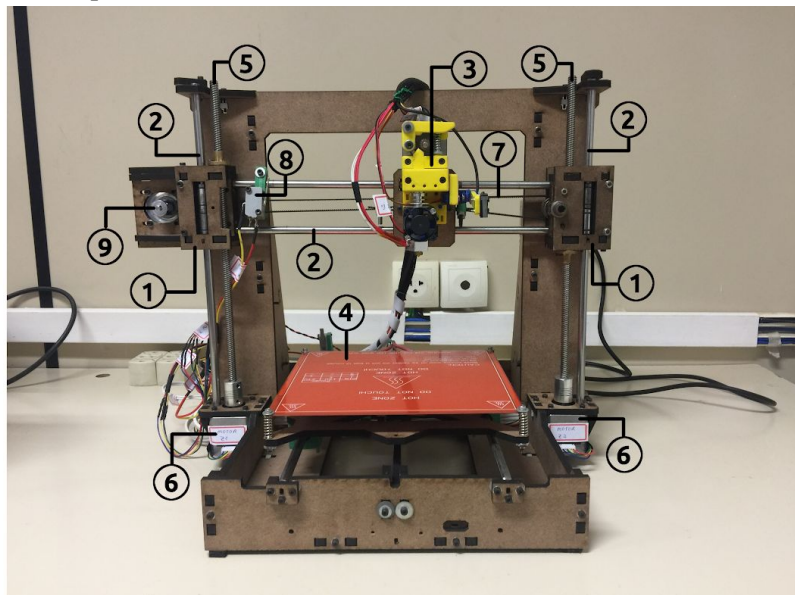


Quando se fala em montagem de uma máquina, é necessário especificar todos os materiais que serão utilizados durante as etapas, e em uma impressora não é diferente. Dessa forma, serão descritos os principais materiais usados na construção da Graber i3 e suas respectivas aplicações:

- MDF: Material usado para a confecção da parte estrutural da impressora;
- Motores de passo Nema 17 (item 6, Figura 2): Movimentam com precisão as correias (item 7, Figura 2) e fusos retificados;
- Extrusora: Montada a partir de peças construídas pela Prusa Mendel, sobre peças de MDF, é a parte da máquina onde ocorre o derretimento e saída do plástico (extrusão). Nessa estrutura se encontra: bico de extrusão, aleta, *cooler*, *hotend*, motor Nema 17;
- Mesa Aquecida: Utilizamos a *PCB Heatbed MK2B* (item 4, Figura 2), com alimentação de 12V, que é uma chapa com uma resistência em seu interior que, quando submetida à corrente elétrica, aquece sua superfície, que por sua vez esquentam um vidro acoplado com mesmas dimensões, possibilitando maior aderência da peça impressa;
- Fusos retificados (item 5, Figura 2): Usados para a movimentação da extrusora no eixo Z;
- Termistores NTC 100K: Sensores responsáveis pelo monitoramento da temperatura da extrusora e *Heatbed*;
- Módulos dos motores de passo: Componentes eletrônicos que aumentam a precisão do movimento dos motores, dividindo seus passos. Utilizamos o A4988;
- *Endstops* (item 8, Figura 2): Interruptores normalmente fechados (NF) que indicam o fim de curso de determinada parte móvel da impressora;
- *Coolers*: Resfriam as placas eletrônicas e a extrusora, evitando o derretimento de partes estruturais;
- Guias lineares (item 2, Figura 2): São barras lisas utilizadas para orientar a movimentação dos eixos, nas quais os rolamentos lineares deslizam;

Figura 2. Enumeração para localização das partes estruturais da Graber i3.

- ① Suporte das Polias
- ② Guias Lineares
- ③ Conjunto Extrusor
- ④ *Heatbed*
- ⑤ Fusos Retificados
- ⑥ Motores NEMA 17
- ⑦ Correias
- ⑧ *Endstops*
- ⑨ Polias Dentadas



Dentre as variações estruturais de impressoras 3D, foi utilizado MDF de 6mm de espessura como matéria prima básica (0,8m² foi suficiente), por ser um material acessível e resistente. Utilizando desenhos auxiliados por computador, realizamos o corte a *laser* das placas de MDF, e com as peças dispostas, efetuamos a fixação entre elas por meio de parafusos, porcas e arruelas.

No que diz respeito a eletrônica, implementou-se a placa *shield* RAMPS 1.4, que controla a temperatura da *Heatbed* e da extrusora, a movimentação da estrutura do auto nivelamento da mesa, os

5 motores de passo, e também faz a leitura dos termistores e *endstops*. Para o interfaceamento computador-RAMPS, utilizou-se o microcontrolador Arduino Mega 2560 R3.

Para a movimentação da extrusora no eixo Z, foram necessários 2 motores NEMA 17 unidos a fusos retificados de alta precisão por meio de acopladores metálicos (similares a porcas). Anexados ao conjunto, encontram-se os rolamentos lineares de esferas e as guias lineares, indicados pelos itens 1 e 2 (Figura 2), permitindo deslocamentos suaves e precisos para o sistema.

Para a movimentação da extrusora no eixo X, optou-se pelo sistema de correia sincronizada e polias dentadas (item 9, Figura 2), que transmitem os movimentos do motor de passo para o conjunto extrusor (item 3, Figura 2). Esse sistema também atua sobre rolamentos lineares de esferas e guias lineares, trabalhando com o mesmo princípio de precisão em relação ao eixo Z. Os movimentos da *Heatbed* são garantidos por sistema idêntico, dimensionado para o eixo Y.

Após expor como acontece a movimentação em cada dimensão, será explicado como é limitado o movimento da mesa aquecida (eixo Y) e extrusora (eixo X), e por serem similares será explicado somente o eixo Y. Na parte posterior de uma das guias lineares que orienta a *Heatbed*, foi instalado um *endstop* (fixado por um suporte impresso pela Prusa), assim, quando o motor conduzir a mesa para trás, o suporte da *Heatbed* irá pressionar o contato do *endstop*, fazendo com que o sinal lógico enviado para a RAMPS se inverta e assim o Arduino interpreta que a mesa chegou à origem do eixo Y. Após chegar na origem, a *Heatbed* tem uma distância máxima de deslocamento frontal preestabelecida, impondo um limite para evitar que o bico da extrusora fique fora do alcance da área de impressão.

O limite de movimento da extrusora no eixo Z é diferente dos demais. Junto ao conjunto extrusor existe um servo motor, contendo uma haste que possui em sua extremidade um *endstop* conectado à RAMPS. Dessa forma, ao movimentar esse conjunto sobre a *Heatbed* e pressionar o *endstop*, pode-se dimensionar os possíveis pontos de desnivelamento. Armazenando esses dados via programação, é possível fazer correções da altura do bico extrusor durante a impressão. Esse sistema é chamado de *BAL – Bed Auto Levelling*.

Como o objetivo é realizar impressões com qualidade superior às realizadas na Prusa Mendel, analisou-se por meio de estudos que seria vantajoso executar algumas alterações. Foi implementado na extrusora um sistema com mola, para saque rápido do filamento, facilitando sua troca, em conjunto com o *direct drive* (peça dentada que empurra o filamento no *hotend* para ser fundido e posteriormente depositado). Adotou-se também o uso do filamento de 1,75mm de diâmetro ao invés do de 3mm, melhorando a qualidade das peças para *nozzles* (bicos) de menor dimensão, como os que serão utilizados (variando de 0,1mm até 0,5mm de diâmetro) e permitindo executar impressões com detalhamentos e velocidades variados.

Para suprir o conjunto elétrico da impressora, foi utilizada uma fonte ATX de 350 Watts com fornecimento máximo de corrente de 29 Amperes, valor acima do requerido, possibilitando uma margem de segurança para o sistema. Essa fonte fornece energia para todos os equipamentos da Graber i3, porém, primeiro a energia passa pela RAMPS para que possa ser feito o controle de funcionamento dos componentes eletrônicos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através deste trabalho, é possível observar a eficácia do projeto, principalmente, no que tange ao conhecimento técnico em termos da estrutura e dos componentes eletrônicos de uma impressora 3D, além de um desenvolvimento interpessoal entre os integrantes, pois sem o diálogo, comunicação, organização e planejamento, nada poderia ter sido feito.

Além disso, vale ressaltar a importância da impressora Prusa para a realização com êxito do projeto, uma vez que a equipe o concluiu levando em consideração os conhecimentos obtidos sobre a mesma no decorrer dos anos. Devido a essa experiência do grupo, tanto a identificação dos problemas a serem solucionados, quanto a escolha dos itens a serem utilizados, foram tarefas relativamente simples.

Em comparação à Prusa, percebe-se que a nova estrutura da impressora apresenta-se muito

mais estável em relação à forma de construção do primeiro modelo, com barras roscadas e porcas, que se soltam com facilidade. Isso reflete em um modelo mais confiável e capaz de realizar melhores impressões, sem necessidade de ajustes físicos a cada impressão.

É importante ressaltar que sempre é possível aprimorar os projetos já concluídos, sendo que há no mercado e na área acadêmica, inúmeras possibilidades de se fazer um mesmo produto com especificações e características semelhantes, ou até mesmo totalmente distintas, porém com o mesmo princípio. Assim, a construção da nova impressora é motivo de estudo para o contínuo aperfeiçoamento das técnicas de impressão 3D e melhorias estruturais das atuais e futuras impressoras desenvolvidas pelo grupo.

Com a Graber i3 em seu perfeito funcionamento, suas impressões são de extrema importância para as diversas atividades do PET, como o drone, braço robótico e robô seguidor de linha, além dos demais segmentos e alunos da UFJF que contatam o PET para informações sobre pedidos de impressões pessoais ou protótipos de trabalho. Ademais a impressora é uma ferramenta atrativa para a comunidade externa, principalmente, para os estudantes do ensino médio, estimulando o interesse pelos cursos de engenharia.

Portanto, pode-se dizer que o resultado principal do projeto apresentado foi a concepção em si da nova impressora, possibilitando o aprimoramento e manutenção da Prusa Mendel e de si mesma, tornando-a um projeto auto suficiente e didático para o aprendizado por parte dos futuros membros do grupo PET Elétrica.

CONCLUSÃO

Ao longo dos últimos cinco anos, através de inúmeras experiências com a primeira impressora e agora durante a montagem da Graber i3, o objetivo de trazer novos desafios e crescimento pessoal aos petianos é alcançado constantemente. Aplicou-se no projeto a metodologia ativa de aprendizagem PjBL (*Project Based Learning*) adotada pelo PET, permitindo atingir as diferentes áreas da Engenharia Elétrica de forma prática e empregar os conhecimentos teóricos vistos superficialmente durante a graduação.

É possível destacar a importância e a aplicabilidade do projeto “Impressora 3D” devido à atualidade do tema, bem como sua presença no mercado, o que a torna um objeto de estudo atrativo, possibilitando ainda uma correlação entre as áreas da elétrica e mecânica. A montagem de uma nova impressora permite aos envolvidos uma visão mais ampla acerca do seu funcionamento, facilitando a implementação de melhorias e inovações além da realização de manutenções, consolidando-a assim como um projeto que abrange por completa a tríade ideológica de ensino, pesquisa e extensão que guia os caminhos do PET e de seus membros.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Educação Tutorial PET/MEC e à Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora pelo suporte para realização deste trabalho, além de toda a equipe petiana envolvida no desenvolvimento do projeto.

REFERÊNCIAS

- Bass, C. The past, present and future of 3-D printing, The Washington Post, 2011. Disponível em: https://www.washingtonpost.com/national/on-innovations/the-past-present-and-future-of-3-d-printing/2011/08/21/gIQAg4fJZJ_story.html . Acesso em: 04 de maio de 2018.
- Bedeschi, A. C.; Pinto, D. P.; Carvalho, E. A.; Almeida, E. F. de; Lechitz, F. B.; Carneiro, G. F.; Yung, J. G. R.; Cravo, S. 2017. Contribuições do desenvolvimento de sistemas de impressão 3D na educação. In: Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia. COBENGE 2017, Joinville. Anais...Joinville, 2017.
- REPRAP. Prusa i3. 2018. Disponível em: http://reprap.org/wiki/Prusa_i3. Acesso em: 26 de Maio de 2018.