INTERFACE TECNOLÓGICA

O PROCESSO DE PRODUÇÃO DE UMA IMPRESSORA 3D DE BAIXO CUSTO REPRAP COM TECNOLOGIA *FUSED FILAMENT FABRICATION*

THE PRODUCTION PROCESS OF A LOW COST REPRAP 3D PRINTER WITH FUSED FILAMENT FABRICATION TECHNOLOGY

Iago Rotondo Bagliotti – iagobag@hotmail.com

Angelita Moutin Segoria Gasparotto – angelita.gasparotto@fatectq.edu.br

Faculdade de Tecnologia de Taquaritinga (FATEC) – SP – Brasil

RESUMO

O objetivo deste artigo é apresentar o processo de produção de uma impressora 3D de baixo custo RepRap com tecnologia *Fused Filament Fabrication*. O método de pesquisa adotado foi o de revisão bibliográfica dos temas de Tecnologia de Impressão 3D, Gestão de Desenvolvimento de Produto e *PDCA*. Como resultados obtidos, foram apresentadas todas as fases do desenvolvimento de um projeto conceitual (protótipo), de uma máquina de prototipação rápida (*RP*), sendo ela uma impressora 3D RepRap de baixo custo, capaz de criar objetos tridimensionais por meio do processo de fabricação aditiva. Conclui-se que o desenvolvimento da impressora em questão é viável, pois o RepRap *Project* auxilia o processo de fabricação, porém, uma das maiores barreiras será utilizar componentes reciclados em sua estrutura e hardware, tornando o projeto executável para testes e estudos.

Palavras chave*:* Impressão 3D. RepRap. PDCA.

ABSTRACT

The goal of this article is to present the development process of a low cost 3D printer REPRAP with Fused Filament Fabrication technology. The research method adopted was a literature review on the 3D print technology, Product Development Management and *PDCA* themes. The results presented all the stages of the development of a conceptual design (*prototype*) of a rapid prototyping (*RP*) machine, being it a 3D RepRap printer of low cost capable of creating tridimensional objects through the additive manufacturing process. It was concluded that the development of the printer in question is viable, for the RepRap *Project* assist the manufacturing process a lot, however, one of the biggest barriers is to use recycled components in its structure and hardware, making the project executable for both studies and tests.

Keywords: 3D Print. RepRap. PDCA.

1 INTRODUÇÃO

Desenvolver um produto consiste em um conjunto de atividades por meio das quais se busca a partir das necessidades do mercado e das possíveis restrições tecnológicas, considerando as estratégicas competitivas e de produção, alcançando às especificações de projeto de um produto e de seu processo de produção, para que seja viável produzi-lo. (AMARAL et al., 2006).

Para desenvolver um produto com maior eficiência, aproveitando das oportunidades de melhoria, otimizando o processo da fase de transição entre projetar e submeter à produção, é primordial utilizar uma metodologia que seja capaz de auxiliar no desenvolvimento.

> O ciclo *PDCA (Plan, Do, Check, Act)* representa um processo cíclico direcionado à melhoria, no qual a primeira etapa consiste em planejar (*Plan*), seguida pela etapa de ação ou execução do planejamento (*Do*), pela etapa de verificação de resultados até então obtidos com as ações planejadas e executadas (*Check*) e pela etapa de implementação final do idealizado como mudança, após as considerações sobre eventuais acertos (*Act*). (ARAUJO, 2010, p.169).

Além do *PDCA* existem outros tipos de metodologias para se orientar, mas não serão mencionados no escopo deste projeto.

Segundo Baxter (1988), a atividade de desenvolvimento de um novo produto não é uma tarefa tão simples, pois, requer pesquisa, planejamento cuidadoso, controle rigoroso e o mais importante, uso de métodos sistêmicos. No processo de desenvolvimento de uma impressora 3D, é fundamental adotar métodos sistêmicos que forneça orientação para seu desenvolvimento e otimização, sendo assim, utiliza-se o *RepRap Project* como principal fonte de orientação.

A RepRap é uma impressora 3D de código livre, capaz de se auto replicar, através da impressão de seus próprios componentes estruturais, tratando-se de um dispositivo que qualquer um pode desenvolver. Foi uma das primeiras impressoras 3D de baixo custo, e o seu projeto começou a revolucionar o segmento de impressoras 3D de código livre, sob licença *Open Source* GNU (*General Public Licence*). (REPRAP, 2016).

> Existem diversas tecnologias de impressão 3D. Todas as tecnologias se baseiam no princípio de executar diversos fatiamentos da figura, geralmente na horizontal, obtendo uma fina camada da figura que é impressa através do processo de deposição de materiais das partes sólidas da figura. Sobrepondo as diversas camadas uma sobre a outra, obtendo um objeto final desejado utilizando da tecnologia *FFF* (*Fused Filament Fabrication*). (TAKAGAKI, 2012, p. 28).

O objetivo deste artigo é apresentar os conceitos sobre a tecnologia de impressão 3D, por conseguinte tornar-se viável o desenvolvimento de um protótipo de uma impressora 3D de baixo custo, no qual serão aplicadas metodologias de desenvolvimentos de produtos, com base no Ciclo PDCA.

1.1. Método de pesquisa

Segundo Ikuo e Mascarenhas (2006, p. 3) "a palavra método significa ordenação do caminho". A ideia subjacente é a da "ordenação do caminho com vistas a alcançar um objetivo". Já o método científico é a "ordenação dos procedimentos de investigação com vistas a buscar um conhecimento científico". Portanto, o artigo será desenvolvido por meio de uma revisão bibliográfica das metodologias de Tecnologia de Impressão 3D, Gestão de Desenvolvimento de Produto e sobre o Ciclo PDCA.

2 PDCA

O ciclo PDCA é uma ferramenta da gestão de gerenciamento da melhoria, visto que se fundamenta no ciclo: Planejar – Executar – Verificar – Agir Corretivamente.

> O conceito de melhoria contínua acarreta completamente processos sem fim, questionando repetidamente e requestionando os trabalhos detalhados de uma operação. Uma estrutura constante e intermitente está literalmente no sistema intitulado por PDCA (*Plan, Do, Check, Action*). O *PDCA* (ou ciclo de *Deming*) é caracterizado como método sequencial e constante, onde algumas atividades são percorridas de forma a alcançar objetivos pré-estabelecidos e o melhoramento continuado. (MOURA, 2014, p. 40).

De acordo com Araújo (2010) o ciclo de *Deming* também conhecido como ciclo PDCA representa um processo cíclico direcionado à melhoria, no qual a primeira etapa consiste em planejar (*Plan*), seguida pela etapa de ação ou execução do planejamento (*Do*), pela etapa de verificar o resultado até então obtidos com as ações planejadas e executadas (*Check*) e pela etapa de implementação final do idealizado como mudança, após as considerações sobre eventuais acertos (*Act*).

Segundo Moura (2014), quando aplicado e utilizado da maneira correta, com o ciclo PDCA é possível alcançar o conhecimento, a melhoria e entre outros valores. Entretanto se forem eliminadas algumas de suas fazes, podendo acarretar prejuízos na condução conforme as ações. O executar sem analisar adequadamente as etapas pode ser muito comprometedor,

pois, não serão atingidos os objetivos de uma maneira eficaz, em todo ou qualquer tipo de projeto.

O Ciclo PDCA é visualizado como um legado, pois, diante de sua notoriedade (*importância social*), tornou-se um conceito universal, cujo proprietário é a humanidade, que dele tem utilizado sendo aplicado para a resolução de muitos problemas que afligem a sociedade moderna. E é na complexidade do mundo de hoje, que o PDCA mostra seu maior valor: o da simplicidade. E é essa simplicidade que ilumina a mente humana, mostrando o caminho, sem se preocupar em acertar na primeira, mas acertar, mais cedo ou mais tarde. (ORIBE, 2008).

2.1 Impressão 3D

A impressora 3D, também denominada como uma máquina de prototipagem rápida, sendo composta por uma tecnologia em que seu conceito fundamental é o processo de fabricação aditiva, que cria objetos uma camada de cada vez, de baixo para cima em um plano cartesiano.

Umas das primeiras impressoras 3D foi supostamente criada nos anos de 1984 e funcionava perfeitamente para a tecnologia existente naquela época, sendo desenvolvida por Chuck Hull, um norte americano que morava na Califórnia. Sua tecnologia se se baseava no conceito de *Estereolitografia (SLA)*, o que despertou forte interesse pelo conceito inicial de sua máquina e suas futuras aplicações que poderiam ser promissoras.

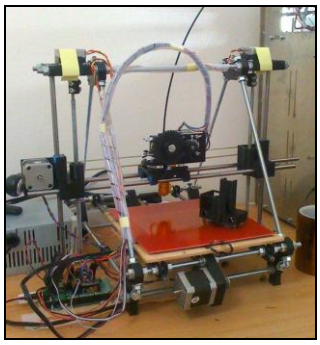
A primeira versão comercial, muito parecidas com as que são vendidas atualmente, que utiliza a tecnologia *FFF*, foi desenvolvida por S. Scott Crump, *co* criador da empresa *Stratasys, Ltd*, em 1989. (REPRAP, 2016)

2.1.1 Impressora 3D RepRap

Conforme será apresentado na Ilustração 1, a impressora 3D RepRap é praticamente uma das primeiras grandes evoluções tecnológicas, e foi criada por Adrian Bowyer e a sua equipe, podendo a mesma ser utilizada por qualquer pessoa, através da Licença *GNU* (*General Public Licence*). O que vem reduzindo consideravelmente o preço de uma máquina de impressão 3D, o RepRap *Project* surgiu neste seguimento, para oferecer um repertório de conhecimento para os pesquisadores buscarem informações valiosas através de um site bem

completo, o que torna viável ao alcance de qualquer pessoa construir uma impressora 3D praticamente do zero.

Ilustração 1 - Impressora 3D RepRap Prusa Mendel (*Finished RepRap Project*)



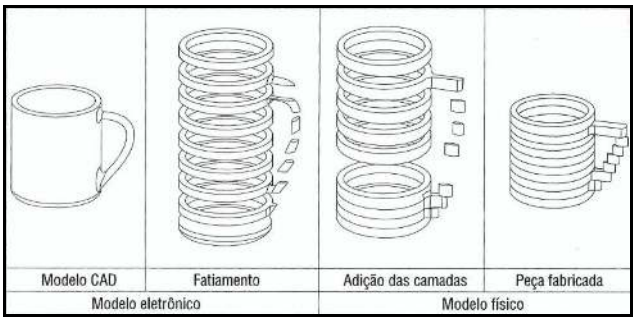
Fonte: RepRap (2016)

Começou a revolucionar o conceito no desenvolvimento das impressoras 3D de código aberto, dependendo do projeto é possível imprimir praticamente 50% dos componentes estruturais, e a outra metade são projetadas para serem itens comuns, disponíveis em lojas de componentes eletrônicos (hardware) e internet. RepRap é uma pratica de se auto replicar. (REPRAP, 2016)

De acordo com Volpato (2006), a tecnologia de prototipagem rápida *RP* (*Rapid Prototyping*) pode ser definida como um processo de fabricação através da adição sucessiva de camadas planas do material. Esta tecnologia deu origem a um novo princípio de fabricação, denominado de manufatura por camada.

Conforme será representado na Ilustração 2, a *RP* permite fabricar peças físicas através de informações obtidas diretamente de um modelo geométrico tridimensional 3D gerados por um arquivo com extensão *CAD* (*Computer Aided Desing*). O processo inicia com o modelo computacional 3D da peça obtido por um arquivo CAD, sendo "fatiado" eletronicamente. Deste fatiamento obtém-se diversas curvas de níveis 2D que definirá em cada camada onde será ou não adicionado material e todas estas camadas serão então processadas sequencialmente, gerando a peça física, normalmente denominada de modelo físico, através do posicionamento delas. Existem mais de 20 sistemas de RP no mercado que, apesar de utilizarem diferentes tecnologias de adição de materiais, se baseiam no mesmo princípio de manufatura por camada.

Ilustração 2 - Representação das principais etapas do processo de manufatura por camada.



Fonte: VOLPATO et al. (2006, p.4).

2.1.2 Insumos para impressoras 3D FFF *(3D Priting Suppliers*)

Conforme será apresentado na Ilustração 3, o insumo fundamental que é utilizado nas máquinas de impressão 3D *FFF* é o filamento. Atualmente é possível imprimir utilizando uma serie de materiais termoplástico em comuns, que podem ser derretidos e posicionados com capacidade produtiva de criar formas complexas, mantendo uma qualidade superior em sua reprodução final. Os principais materiais utilizados estão disponíveis no mercado com diâmetros de 1.75mm e 3.00mm, sendo encontrados em múltiplas cores e também em vários outros tipos de materiais, entretanto os principais utilizados são:

- **Ácido Poliláctico (PLA):** Este insumo é um termoplástico destinado para impressora 3D, possui um custo relativamente baixo, é versátil, mas, tem suas limitações por possuir fracas propriedades mecânicas, tendo grande tendência de ser quebradiço. É derivado do amido de milho, sendo ele biodegradável ao decorrer do tempo.
- **Acrilonitrila Butadieno Estireno (ABS):** Este insumo é um termoplástico destinado para impressoras 3D, é um plástico de engenharia resistente que pode ser aplicado para criar peças com características finais funcionais.

Ilustração 3 - Tipos de filamentos para impressão 3D



Fonte: ALL3DP (2016)

2.1.3 Princípio Fused Filament Fabrication (*FFF*) e RP

Impressoras 3D que desempenham o conceito *FFF*, são aquelas que executam o processo de impressão por deposição do material.

> A cabeça de extrusão com movimentos nos eixos X-Y, posicionada sobre uma mesa com movimentos no eixo Z, recebe continuamente o filamento, aquecendo até o ponto semilíquido ou pastoso. O próprio filamento de material sendo tracionado funciona como êmbolo no início do sistema de extrusão para expulsar o material por um bico calibrado, quando o filamento fino do material entra em contato com o material de superfície da peça, ele se solidifica e adere à camada anterior. A mesa, que é constituída de um mecanismo elevador desloca no eixo *Z* o valor referente à espessura de uma camada a ser depositada sendo repetido até que a peça seja totalmente impressa. Atualmente devido à importância e à potencialidade, que derivam da grande economia em tempo de fabricação e capacidade para fabricar geometrias complexas, o aparecimento da RP pode ser considerado um marco em termos de tecnologias de manufatura. (VOLPATO, 2006, p. 66).

2.2 Desenvolvimento de produto

Desenvolver produtos consiste no conjunto de atividades por meio das quais se buscam, a partir das necessidades do mercado e das possibilidades e restrições tecnológicas, e considerando as estratégias competitivas e do produto, se chegar às especificações de projeto de um produto e de seu processo de produção, para que a manufatura seja capaz de produzi-lo. (AMARAL et al., 2006).

Baxter (1998) destaca que o desenvolvimento de um produto é o processo de transformar uma ideia sobre um produto em um conjunto de instruções para sua fabricação, e isso só pode ser feito em etapas, sendo que em cada etapa, devem ser abordados maiores detalhes do projeto. Tendo a certeza de que o produto funciona, antes de passar para o seu detalhamento.

> O volume de informações de entrada no processo, de informações processadas é relativamente alto, variado e complexo. As informações de entrada são bastante variadas e provém de diversas fontes internas e externas. Não se deve esquecer que os requisitos a serem considerados dizem respeito a todos que compõe as fases do ciclo de vida do produto (projeto, manufatura, distribuidores, usuário, pessoal de assistência técnica, reciclagem do produto). (AMARAL, 2006, p.4).

Uma característica muito especifica da atividade de desenvolvimento de produtos é que cada projeto pode apresentar problemas, dificuldades e históricos muito particulares. Ou

seja, a atividade de desenvolvimento não é uma atividade rotineira necessitando assim de um projeto muito bem especificado antes de se iniciar o desenvolvimento. (BAXTER, 1998).

Amaral et al. (2006) evidencia que nas fases iniciais do PDP que são definidas as principais soluções construtivas e as especificações do produto. É nesse momento que são determinados os materiais, as tecnologias, os processos de fabricação, a forma construtiva a serem utilizadas. Apesar de existir a possibilidade de caminhar ao longo do processo com soluções alternativas, as definições essenciais e centrais são determinadas nessa fase, pois as decisões técnicas iniciais determinam 85% do custo final do produto.

O segredo de um bom desenvolvimento de produtos é garantir que as incertezas sejam minimizadas por meio da qualidade das informações, e que, a cada momento de decisão, exista um controle constante dos requisitos a serem atendidos.

3 APLICAÇÃO: introdução para o desenvolvimento (*Build a RepRap 3D Printer*)

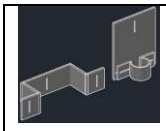
> O desenvolvimento da impressora 3D RepRap (*Build a RepRap 3D Printer)* é uma das etapas primordiais de toda pesquisa científica, pois, é mostra o desenvolvimento do protótipo funcional da impressora 3D, evidenciado a escolha da tecnologia, compra de material, procedimentos realizados, o desenvolvimento em si, sua produção, testes, capacidade produtiva do dispositivo e quais os tipos de matérias primas e componentes foram reutilizados para serem aplicados no projeto com uma visão em atender um de seus requisitos primordiais, ser de baixo custo. (REPRAP, 2016).

Nele é explicado o passo a passo utilizado para a criação da impressora 3D, baseado e adaptado ao RepRap *Project*. Com o intuito de iniciar o detalhamento do desenvolvimento, a Ilustração 4, mostra os principais materiais que foram definidos no início do escopo do projeto, suas funcionalidades, origem, valores do produto ou serviço prestado, que são indispensáveis para qualquer impressora 3D que utilize o conceito Rep Rap aplicado ao *DIY*, faça você mesmo (da sigla em inglês *do it yourself*).

Ilustração 4 - Lista de componentes definidos no escopo inicial

ILUSTRAÇÃO	QUANTIDADE E COMPONENTE	DESCRIÇÃO	CUSTO
	1x - Fonte Atx (Preparada)	Fonte de alimentação de um PC antigo, destinada para impressora 3D, entretanto, foi preparada para esta aplicação. Informações importantes: 12V 45 A.	**R$0,00 (ITEM SUCATA, RECICLADO)**
	3x – Motores De Passo DVD (Bipolares)	Motores reciclados de gravadores de DVD (PC) queimados que serão utilizados para o controle e movimentação dos eixos: X, Y, Z. Sendo bipolares, 4 fios.	**R$0,00 (ITEM SUCATA, RECLICADO)**

	1x – Estrutura Da Impressora 3D em MDF	Toda parte estrutural da impressora. Posicionando todos os componentes da impressora. Foi desenvolvida no AUTOCAD, e manufaturada por uma empresa de cortes a laser terceirizada, o material é MDF.	**R$30,00**
	1X - Arduino MEGA 2560	Arduino Mega 2560 é o micro controlador lógico baseado no ATmega 2560. O controlador é o cérebro da RepRap.	**R$53,19**
	1X – Ramps 1.4	Ramps 1.4 é um Shild aplicado para impressoras 3D, conectado no Arduino Mega 2560, que tem como principal função em ser o painel principal de controle para todos os componentes de eletronica de uma impressora 3D REPRAP.	
	4X – Polulu A4988	A placa Populu A4988, é definida como placa driver, que é conectada no Ramps 1.4, responsável pelo controle dos motores X, Y, Z e da extrusora.	
	1X - MK8 Bloco de alumínio Extrusora	Conjunto em alumínio que é conectado no motor NEMA 17 para tracionar o filamento e até a extrusora.	**R$12,63**
	1X – Tubo de Longa Distância PTFE 3D Bowden 1.75mm	Componente em *PTFE* (Politetrafluoretileno), que é conectado no conjunto MK8 e a Extrusora. É utilizado para transportar o filamento até a Extrusora sem possíveis contaminações ou resíduos.	**R$4,30**
	3X - Mecânica fim de curso	Circuito eletrônico que recebe sinal através de um contato mecânico indicando o fim de posição para o eixo. Podendo ser utilizados nos eixos X, Y e Z.	**R$7,11**
	1X - Motor Passo Nema 17 - Pm17-k049b - Impressora 3d – Arduino (CNC)	Motor de passo NEMA 17 é um motor de passo com um 1,7 x 1,7 polegadas (43,2 x 43,2 mm), bipolar, 1,7A, 2,0 kgf, sendo definido neste projeto para ser utilizada no motor responsável por levar o filamento até a extrusora, operando em conjunto com o bloco MK8. O item comprado, mas foi retirado de uma impressora antiga, material reutilizado.	**R$30,00 (ITEM SUCATA, REUTILIZADO)**
	1X - E3d v5 j-head hot end for 1.75/3.0mm filament E3D Bowden Extruder 0.4mm Nozzle Optional	Extrusora é um dos componentes fundamentais de uma impressora 3D, pois é com ela que é realizado o processo de transformação do filamento ABS 1.75mm, em material semi-pastoso com diâmetros finais de 0,4mm. Possui em sua composição: 1x Resistência 2080 (12V / 40W), 1x Bico removível de 0,4mm, estrutura em alumínio, Termistor de 100k.	**R$11,51**
	1X -Small Cooler PC	Pequeno cooler, retirado de uma placa de computador antigo que será destinada para a refrigeração da Extrusora da impressora. 5V	**R$0,00 (ITEM SUCATA, RECICLADO)**

	3X - Componentes de fixação	Componentes, foram projetados no AUTOCAD e criados em chapa de aço, sendo responsáveis por fixar o motor do eixo Z no X e a extrusora no Z e também um suporte para a área de impressão.	**R$0,00 (ITENS MATERIAL RECICLADO)**
		SUBTOTAL	**R$150,00**

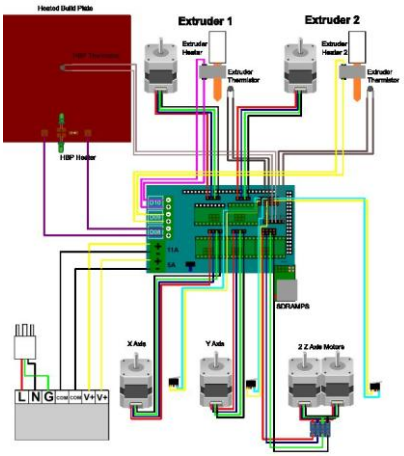
Fonte: os autores

3.1 Conexão da eletrônica do sistema da impressora 3D RepRap (*Wiring*)

Após definição da tecnologia que foi utilizada, os materiais e sua aquisição, uma das etapas necessárias para o desenvolvimento de uma impressora 3D é a correta execução do *Wiring*.

O *Wiring* é um termo muito utilizado durante o desenvolvimento, que significa o como conectar os componentes de uma impressora 3D RepRap corretamente. Mediante ao entendimento, foi evidenciado que é uma operação simples, mas que exige um pouco de conhecimento em eletrônica, pois qualquer erro pode resultar no fim do projeto proposto.

Ilustração 5 – Conexão dos componentes RepRap no Arduino Mega através do Pololu Shield 1.4



Fonte: RepRap (2016)

Conforme é apresentado na Ilustração 5, mostra o como são conectados todos os componentes de uma impressora 3D RepRap, na etapa 5 da ilustração 6, será mais detalhado. Sendo assim, na Ilustração 6, é exemplificado por meio de um *POP* (*Procedimento Operacional Padrão*) quais foram as ações tomadas durante o desenvolvimento da impressora 3D, envolvendo tanto o hardware quanto o software, para obter o funcionamento da impressora 3D.

Ilustração 6 – *POP* simplificado de desenvolvimento

ETAPA 1	Preparar motores X, Y e Z com possíveis correções e alterações.
ETAPA 2	Adaptar e modificar fonte de alimentação.
ETAPA 3	Desenvolver estrutura em MPF, e adquirir por terceirização.
ETAPA 4	Criar componentes de suporte. Fixando a extrusora e motores no plano cartesiano para arranjo e posicionamento.
ETAPA 5	Conectar e instalar no arduino mega 2560, ramps 1.4, populu, fonte de alimentação, motores de passos bipolares (DVD), motor nema 17, extrusora, e possíveis ajustes e configurações.
ETAPA 6	Realizar o upload, configurar e preparar o Firmware *Marlin for RepRap* no Arduino Mega 2560.
ETAPA 7	Ajustar, instalar, configurar o Repetier Host e Repetier Firmware, tornando-o compatível com a impressora 3D.
ETAPA 8	Importar e realizar upload de um modelo em 3D (. *STL*) para impressão verificadora e calibradora com um cubo de calibração e possíveis ajustes.

Fonte: os autores

3.2 Firmware controlador Marlin *(Marlin Firmaware*)

O firmware escolhido para realizar o controle de todos os componentes em conjunto da impressora 3D, foi o *Marlin Firmaware*, sendo programado na plataforma *Arduino*. Optou-se em utilizar esse Firmware, por apresentar maior adaptabilidade com toda a eletrônica, fácil parametrização, modificação e compatibilidade com o software utilizado. Por ser plenamente otimizado para impressoras 3D RepRap. Foi configurado com facilidade. O Marlin Firmaware possui licença GNU GPL v3. Sendo compilado e programado através da plataforma Arduino, em Linguagem C^{++}.

3.3 Software Repetier

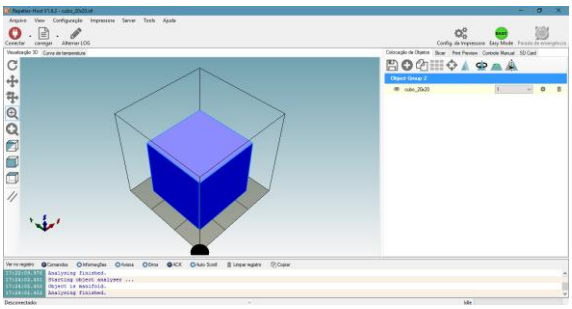
O software instalado e configurado no computador foi o Repetier (Ilustração 7), devido a simplicidade em sua configuração e compatibilidade com a impressora desenvolvida, o Software Repetier oferece grandes vantagens, tais como, o upload de arquivos com extensão (STL) em 3D, posicionamento do objeto, modificações, fatiamento, pré-visualização da impressão, controle manual.

3.4 Hello World!

Após finalizar todo o desenvolvimento da impressora 3D, foi possível realizar a primeira impressão 3D no dispositivo desenvolvido.

Sendo necessário instalar e configurar o Software responsável pela comunicação entre a 3D Printer, Computador, interpretando o *G-Code* e o transformando em coordenadas no plano cartesiano da área de impressão da impressora 3D, que neste projeto é de 38x38x38mm sua tolerância máxima de impressão.

Ilustração 7 - Tela principal do Software Repetier



Fonte: os autores

Entretanto, como é mostrado na ilustração 7, é necessário realizar uma primeira impressão no software Repetier Host, para conferir se está atendendo todos os requisitos dimensionais do arquivo 3D e se não há qualquer problema no software, hardware ou até mesmo na estrutura. Para isso é realizado uma primeira impressão calibradora e depois de verificado dimensional, qualidade final. Após aprovação, a impressora ficou pronta para ser utilizada, podendo realizar quaisquer impressões 3D com um volume de 38x38x38mm.

Ilustração 8 – Projeto conceitual da impressora 3D durante o desenvolvimento



Fonte: os autores

A Ilustração 8 representa a impressora 3D semiacabada, porém, com as funções eletrônicas e de hardware funcionando, faltando apenas nessa etapa, adaptar e instalar a extrusora. Foi criado o projeto conceitual (protótipo) da impressora 3D RepRap, por se tratar de um projeto de baixo custo, um dos motores, em sua estrutura, a estrutura plástica ressecou e quebrou. Com o objetivo de tentar uma nova adaptação com um novo motor, havendo a necessidade de modificar todos os outros componentes, comprometendo assim este projeto, gerando muitas alterações no escopo inicial.

Antes disso, foram realizados vários testes, com o objetivo de aprender, estudar seu funcionamento, realizar prototipações, entender o software e hardware em si, como uma impressora 3D Reprap se comporta, as limitações do protótipo criado e suas possíveis melhorias. Realizou-se impressão calibradora e o resultado foi satisfatório com a primeira versão deste dispositivo.

4 CONCLUSÃO

O objetivo desta pesquisa aplicada foi alcançado, pois foram abordados os temas Gestão de Desenvolvimento de Produtos, Ciclo PDCA e Tecnologias de impressão 3D, possibilitando desenvolver conhecimento necessário para realizar o desenvolvimento de uma impressora 3D de baixo custo embasado no RepRap *Project*.

Tentar mensurar quais serão os caminhos por onde a tecnologia de impressão 3D irá trilhar não é uma tarefa fácil, mas, é possível compreender que desde o surgimento desta

tecnologia, ela vem sendo aprimorada, com novos tipos de materiais utilizados, tecnologias desenvolvidas e processos otimizados.

Uma das premissas fundamentais que vale ressaltar é referente às aplicações da tecnologia de impressão 3D sobre a prática da Indústria 4.0, pois processos de fabricação que adotarem este conceito de produção obterão grandes benefícios, desde o desenvolvimento de um produto, testes, produção, pois, não há perda no processo de fabricação, ou mínima, por fazer parte da Prototipagem Rápida (*RP*) e ser produção aditiva, sem a geração de cavacos.

O conceito RepRap para impressoras 3D está sendo irradiado por todo o mundo através do desenvolvimento de impressoras 3D de baixo custo *Open Software* e *Open Hardware*.

Atualmente um dos maiores desafios para o Brasil é investir no desenvolvimento e pesquisa cientifica nesta área, para adquirir com sua popularização, novas e possíveis aplicações, onde a Prototipação Rápida de impressão 3D estará cada vez mais presente em todas as áreas do conhecimento, principalmente para aplicações industriais.

REFERÊNCIAS

ARAUJO, L. C. G. **Organização, Sistema e métodos e as tecnologias de gestão organizacional,** 3 ed. São Paulo: Atlas, 2010.

ABSPLASTIC. **5 MOST POPULAR 3D PRINTING THERMOPLASTICS.** Disponível **em: <http://www.absplastic.eu/>** Acesso em: 25 de abr. de 2016.

ARDUINO. **Site Oficial do Arduino**. Disponível em < https://www.arduino.cc/> Acesso em: 01 de abr. de 2014.

AMARAL, D. C. et al. **Gestão de Desenvolvimento de Produtos -** uma referência para a melhoria do processo. São Paulo: Saraiva. 2006.

BAXTER, M. **Projeto de produto:** guia prático para o design de novos produtos; tradução Itiro lida. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1998.

CERVO, A. L.; BERVIAN, R. A. **Metodologia científica**. São Paulo: Atlas, 1983.

MASCARENHAS, F. A. IKUO, M. D. **Uma análise sobre o Ciclo PDCA como um método para solução de problemas da qualidade**, ENEGEP, Fortaleza, CE, Brasil, XXVI, 1-9, Out, 2006.

MOURA, O. S. A utilização prática do PDCA e das ferramentas da qualidade como provedoras intrínsecas para melhoria continua nos processos produtivos em uma indústria têxtil **Organização Sistêmica** – v. 6. n. 3 p. 39 -55 Jul. Dez. 2014.

VOLPATO, N. et al. **Prototipagem rápida:** tecnologias e aplicações. – São Paulo: Blücher, 2006.

ORBIE, C. Y. PDCA: origem, conceitos e variantes dessa idéia de 70 anos **Qualypro** – 2009 v. 1 p. 1-11. Dez. 2009.

REPRAP. **Site oficial do RepRap**. Disponível em: < http://reprap.org> Acesso em: 26 de març. de 2016.

REPETIER. **REPETIER HOST DOCUMENTAÇÃO**. Disponível em: <https://www.repetier.com/> Acesso em: 22 de jun.de 2016.

TAKAGAKI L. K. **Tecnologia de Impressão 3D**, Revista Inovação Tecnológica, São Paulo, v.2, n.2, p.28-40, jul./dez. 2012.