



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO AMAZONAS
PRÓ-REITORIA DE ENSINO
CAMPUS MANAUS CENTRO
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE PROCESSOS INDUSTRIAIS



RODRIGO RIBEIRO MATSUSHITA

**MAKERSPACE: UMA ALTERNATIVA DINÂMICA PARA O
DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS**

MANAUS – AMAZONAS
2018

RODRIGO RIBEIRO MATSUSHITA

MAKERSPACE: UMA ALTERNATIVA DINÂMICA PARA O
DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Mecânica do Departamento Acadêmico de Processos Industriais do Campus Manaus Centro do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. MSc. Alberto Luiz Fernandes Queiroga.

MANAUS – AMAZONAS
2018

M434m Matsushita, Rodrigo Ribeiro.

Makerspace: uma alternativa dinâmica para o desenvolvimento de projetos. / Rodrigo Ribeiro Matsushita. – 2018.
61 f.; il.

Monografia (Engenharia Mecânica) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, *Campus* Manaus Centro, 2018.
Orientador: Prof. Me. Alberto Luiz Fernandes Queiroga.

1. Engenharia mecânica. 2. Desenvolvimento de projetos. 3. Processo ensino-aprendizagem. I. Queiroga, Alberto Luiz Fernandes. (Orient.) II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas III. Título.

CDD 621



ATA DE DEFESA PÚBLICA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Aos dezenove dias do mês de Junho de Dois mil e dezoito, às 20:05 horas no Auditório CDI 2, o estudante **Rodrigo Ribeiro Matsushita** apresentou o seu Trabalho de Conclusão de Curso para avaliação da Banca Examinadora presidida pelo Prof. MSc. Alberto Luiz Fernandes Queiroga (orientador – IFAM) e composta pelos demais examinadores: Prof. MSc. Marcelo Martins da Gama (Membro 1 – IFAM) e Prof. MSc. Carlos Alberto Mendes de Oliveira (Membro 2 – IFAM). A sessão pública de defesa foi aberta pelo Presidente da Banca, que apresentou a Banca Examinadora e deu continuidade aos trabalhos, fazendo uma breve referência ao TCC que tem como título **MAKERSPACE: Uma alternativa Dinâmica Para o Desenvolvimento de Projetos**. Na sequência, o estudante teve até 30 minutos para a comunicação oral de seu trabalho, e cada integrante da Banca Examinadora fez suas arguições após a defesa do mesmo. Ouvidas as explicações do estudante, a Banca Examinadora, reunida em caráter sigiloso, deliberou suas notas, para proceder à avaliação final, deliberou e decidiu pela **Aprovação** com média 9,0 (Nove) do referido trabalho. Foi dada ciência ao estudante que a versão final do trabalho deverá ser entregue até o prazo máximo de 60 dias, com as devidas alterações sugeridas pela banca. Nada mais a tratar, a sessão foi encerrada às 20 h 30 min, sendo lavrada a presente ata, que, uma vez aprovada, foi assinada por todos os membros da Banca Examinadora e pelo estudante.

Prof. Orientador /Presidente: _____

Prof. Coorientador: _____

Prof. Membro 1: _____

Prof. Membro 2: _____

Acadêmico: _____

DEDICATÓRIA

Aos meus pais Sheylla Scott Oliveira Ribeiro e Koji Matsushita, pelo amor, incentivo e apoio incondicional.

Aos meus irmãos, que um dia passarão por este momento e que saibam que estarei pronto para apoiá-los.

“E muito do que eu encontrei seguindo minha curiosidade e intuição se mostrou de valor incalculável mais tarde”

Steve Jobs

RESUMO

Atualmente, no curso de engenharia mecânica do IFAM, existem conflitos em torno dos processos de ensino-aprendizagem, os quais são pautados em conteúdo teórico e práticas laboratoriais engessadas, desalinhadas com as tecnologias contemporâneas acessíveis. Tal condição consiste num fator de impedimento ao desenvolvimento intelectual das instituições de ensino e extensão. Tendo em vista essa problemática, surge a oportunidade de estudarmos os makerspaces, buscando entender suas características e vantagens de aplicação ao ensino. Este trabalho irá apresentar conceitos da cultura maker e dos makerspaces, mostrando também o período que antecedeu o surgimento deste movimento e as filosofias nas quais se baseiam estes conceitos. Os Makerspaces são laboratórios de fabricação digital que possuem diversos equipamentos para oferecer suporte aos alunos que queiram desenvolver alguma atividade acadêmica. Estes equipamentos oferecem aos alunos uma extensa gama de possibilidades de aplicações. Será feito um comparativo da fabricação digital, produção personalizada, frente à fabricação tradicional, produção em grandes quantidades, ilustrando as vantagens e desvantagens de cada modelo de fabricação. Para finalizar, serão expostas as possíveis aplicações do makerspace na educação e as metodologias e conceitos de educação que são derivados dos princípios do movimento maker. Tudo o que foi exposto foi desenvolvido com base em revisões bibliográficas, onde os resultados encontrados permitam aplicar estes conceitos à nossa realidade e sirvam de modelo para novos estudos mais aprofundados sobre o assunto. Este trabalho se faz relevante pelo fato de buscar uma integração entre as atividades teóricas e prática, tornando o aprendizado mais efetivo e gerando profissionais mais preparados para o mercado de trabalho.

PALAVRAS-CHAVE: Makerspace. Movimento Maker. DIY. Open Design. Impressora 3D. Problem-Based Learning

ABSTRACT

Nowadays, in the mechanical engineering course of the IFAM, there are conflicts around the teaching-learning processes, which are based on theoretical content and embedded laboratory practices, misaligned with contemporary accessible technologies. This condition is a factor impeding the intellectual development of teaching and extension institutions. In view of this problem, the opportunity arises to study the makerspaces, seeking to understand their characteristics and advantages of application to teaching. This work will present concepts of the maker culture and the makerspaces, also showing the period that preceded the emergence of this movement and the philosophies on which these concepts are based. Makerspaces are digital manufacturing labs that have a variety of equipment to support students who want to develop some academic activity. These devices offer students an extensive range of application possibilities. A comparison will be made of digital manufacturing, custom production, versus traditional manufacturing, production in large quantities, illustrating the advantages and disadvantages of each manufacturing model. Finally, the possible applications of the makerspace in education and the methodologies and concepts of education that are derived from the principles of the movement maker will be exposed. All that was exposed was developed based on bibliographical revisions, where the results found allow to apply these concepts to our reality and serve as a model for further studies on the subject. This work is relevant because it seeks an integration between theoretical and practical activities, making learning more effective and generating professionals more prepared for the job market.

PALAVRAS-CHAVE: Makerspace. Maker Movement. DIY. Open Design. 3D Printer. Problem-Based Learning.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Site Instructables.	18
Figura 2 – Projeto de um gabinete de CPU.	19
Figura 3 – Projeto de um motor V8 eletromagnético.	20
Figura 4 - Exemplo de uma Impressora 3D por Extrusão.	30
Figura 5 - Processo de Estereolitografia.	31
Figura 6 - Impressão por Processo de "Laser Sintering".	31
Figura 7 - Impressão por Processo de "Seletive Laser Sintering".	32
Figura 8 – Plotter de Recorte.	33
Figura 9 - Cortadora a Laser.	34
Figura 10 - Fresadora de Precisão.	35
Figura 11 – Fresadora de Grande Formato.	35
Figura 12 – Máquina de Bordar CNC.	36
Figura 13 - Estúdio Fotográfico.	36
Figura 14 – Folder do Projeto Low Cost Prosthesis.	37
Figura 15 - Exo Prosthetic Leg.	38
Figura 16 - Implante craniano impresso em 3D.	38
Figura 17 - Orelha Biônica da Universidade de Princeton.	39
Figura 18 – Cortex Cast – Exoesqueleto para membros fraturados.	39
Figura 19 – RepRap versão 1.0.	40
Figura 20 – Strati – Primeiro carro impresso em 3D.	40
Figura 21 - Liberator - Primeira arma de fogo impressa em 3D.	41
Figura 22 – Danit Peleg e sua coleção 3D Printed Fashion.	41
Figura 23 - Projeto Choc Edge.	42
Figura 24 - Projeto Wasp imprime casas.	42

Figura 25 – Aplicações de plotter de recorte para sinalização.	43
Figura 26 – Pluvi.On (a esquerda) e Peças de um Pluvi.On desmontado.	43
Figura 27 - The Layer Chair.	44
Figura 28 – Baja – Veículo Off-road construído por uma equipe de estudantes de engenharia.	53
Figura 29 – Veículo da Equipe Baja UEA durante competição nacional de 2017 realizada no estado de São Paulo.	54

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

DIY	Do It Yourself
CPU	Unidade de Processamento Central (Central Process Unit)
MIT	Massachusetts Institute of Technology
ESR	Eric Steven Raymond
FDM	Modelagem por Deposição de Fundido (Fused Deposition Modeling)
ABS	Acrilonitrila Butadieno Estireno
PLA	Poli Ácido Láctico
STL	Estereolitografia
DLP	Digital de Processamento de Luz
SLS	Sinterização Seletiva a Laser (Selective Laser Sintering)
PVC	PoliCloroeto de Vinila
CO ₂	Dióxido de Carbono
CNC	Comando Numérico Computadorizado
STEM	Science, Technology, Engineering e Mathematics (Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática)
EUA	Estados Unidos da América
PBL	Problem-Based Learning (Aprendizagem Baseada em Problemas)
SAE	Sociedade de Engenharia Automotiva (Society of Automotive Engineering)

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	14
1 CAPÍTULO 1	17
1.1 Makers e os projetos DIY	17
1.1.1 Instructables	18
1.1.2 DIY Perks	18
1.1.3 Manual do Mundo	19
1.2 Segunda Revolução Industrial	21
1.3 A Nova Revolução Industrial	22
1.4 MakerSpace	23
1.5 Legislações	24
1.5.1 Open Source	24
1.5.2 Open Design	26
1.5.3 A quem pertence os projetos criados?	27
2 CAPÍTULO 2	28
2.1 Impressoras 3D	28
2.1.1 Tipos de Impressoras 3D	29
2.1.1.1 Extrusão	29
2.1.1.2 Estereolitografia (STL)	30
2.1.1.3 Laser Sintering (Sinterização a Laser)	31
2.1.1.4 Sinterização Seletiva a Laser (SLS - Seletive Laser Sintering)	32
2.2 Plotter de Recorte	33
2.3 Cortadora a Laser	34
2.4 Fresadora de Precisão	35
2.5 Outros Equipamentos	36
2.6 Aplicações	37

2.6.1	Impressoras 3D	37
2.6.2	Plotters de Recorte	43
2.6.3	Cortadora a Laser	43
2.6.4	Fresadoras CNC	44
3	CAPÍTULO 3	45
3.1	Fabricação Digital x Fabricação Tradicional	45
3.2	Fabricação Digital na Educação	47
3.3	STEM Education	47
3.4	Metodologia PBL (Problem-Based Learning)	48
3.5	A aprendizagem criativa e os 4 P's	55
	CONSIDERAÇÕES FINAIS	57
	REFERÊNCIAS	59

INTRODUÇÃO

1 Situação-Problema

Em palestra ministrada no TEDx Fortaleza Gun(2016) defende que a escola possui um modelo industrial de ensino, onde cada criança vai passando por uma “esteira” e vai recebendo conteúdos a cada série que passa, ou seja, todos recebem o mesmo conteúdo, a uma mesma velocidade e são testados igualmente sobre o conteúdo passado. As indústrias, os quartéis e os presídios possuem os mesmos padrões das escolas, lugares de muros altos, onde todos acordam cedo, usam fardas, entram em salas onde devem obedecer às normas, ao aguardo de uma sirene indicando o intervalo. A partir disso, Gun afirma que as escolas matam a aprendizagem, devido a experiências traumáticas trazidas pelas obrigações, coerções e medos que tiram o prazer pelo aprendizado inerente ao ser humano.

Tendo em vista esse cenário apresentado no parágrafo anterior, muitos profissionais das áreas das engenharias passam pela escola/faculdade decorando conceitos e teorias sem entender suas fundamentações. Devido aos padrões utilizados pelas instituições de ensino, muitos desses profissionais não terão a oportunidade de praticar os conteúdos recebidos em sua graduação e chegarão ao mercado de trabalho com dificuldades em exercer a sua profissão.

Sabendo que as escolas, em sua maioria, não dispõem de uma metodologia e de laboratórios que incentivem ao desenvolvimento e o completo entendimento dos conceitos ensinados em sala de aula, esses estudantes das áreas de engenharia necessitam procurar e contratar serviços de produção de seus projetos em outros lugares que obtenham os equipamentos necessários para desenvolvê-los. Outro fator que se torna oportuno salientar é que na cidade de Manaus o acesso a esses equipamentos possui diversas barreiras como baixa disponibilidade no mercado, altas taxas e impostos cobrados para trazer de outras localidades, prazos de entrega muito extensos e, para finalizar, em muitos casos a compra destes equipamentos não é atraente ao aluno por se tratar de um investimento alto em função das circunstâncias e motivações de produzir um único projeto ou peças em nível acadêmico.

2 Justificativa

Desse contexto surgiram os MakerSpaces, que são laboratório que oferecem aos alunos o suporte necessário para as atividades citadas anteriormente. Os MakerSpaces proporcionaram, a qualquer entusiasta das mais diversas áreas de conhecimento, a oportunidade de desenvolver, construir e modificar projetos e produtos de variadas características geométricas alimentando, desse modo, a criatividade dos projetos. Esses projetos podem partir de motivações variadas e ecléticas dentre elas o simples hobby de se construir algo, ou a resolução de algum problema de determinada comunidade.

Com o passar dos anos, podemos observar que as tecnologias seguem um fluxo apontado para rápidas inserções de tecnologias de ponta ao mesmo passo que logo as põe na esteira da obsolescência. Entretanto, essa realidade não se faz presente no contexto da educação, em pleno século XXI ainda utilizamos o modelo tradicional de educação, originado no século XVII, na maioria das instituições de ensino do nosso país. Os MakerSpaces dão a oportunidade de aplicar essas tecnologias atuais à educação, trazendo-a para um modelo de ensino mais atual.

Os MakerSpaces são laboratórios onde qualquer cidadão entusiasta pela elaboração e confecção de um projeto possa ter acesso a ferramentas que o auxiliem nesses processos. A esses cidadãos entusiastas foi criado o termo “Makers”. Segundo a revista Make Magazine, considerada uma das mais importantes fontes de informação sobre o assunto, “um Maker pode ser definido como um hobbyista tecnológico do século XXI. Ele possui uma forte paixão por tecnologia, design, arte, sustentabilidade e modelos de negócios alternativos”.

Da grande popularização do termo Maker e suas ideologias, surgiram termos como “Cultura Maker”, “Movimento Maker”, “Maker Innovation” etc. Segundo Neves (2014, pág. 201), Maker Innovation é a inovação através do fazer.

Mas quais são os equipamentos que um MakerSpace disponibiliza para esses Makers? A verdade é que não há um padrão específico, dependendo de qual seja o intuito do seu laboratório, ele pode conter diversos equipamentos diferentes, que vão desde impressoras 3D, circuitos eletrônicos e máquinas CNC a máquinas de corte, de bordar e serigrafia, estúdios de fotografia e máquinas de marcenaria.

3 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é compreender as características de um Laboratório de Fabricação Digital e impactar mais pessoas a buscar mais aprendizado sobre esta ferramenta tecnológica.

3.1 Objetivos Específicos

Como objetivos específicos teremos:

- Conhecer a Cultura Maker e os laboratórios de fabricação digital (MakerSpaces);
- Estruturar os equipamentos dispostos na composição desses laboratórios, detalhando suas funções e modo de funcionamento;
- Comparar a Fabricação Digital com o método de fabricação tradicional, destacando as vantagens e desvantagens deste universo na Educação;

4 Metodologia

A metodologia de pesquisa utilizada será exploratória, com abordagem qualitativa e procedimento de revisão bibliográfica, feita mediante leitura sistemática, ressaltando-se os pontos importantes abordados pelos autores acerca dos conceitos utilizados para explicar o movimento maker como um todo.

CAPÍTULO 1

Neste capítulo iremos estudar o que são “Makers”, “Movimento Maker” e “MakerSpaces”, além de saber sobre suas origens, influências e outras informações mais.

1.1 Makers e os projetos DIY

“Um Maker pode ser definido como um hobbysta tecnológico do século XXI. Ele possui uma forte paixão por tecnologia, design, arte, sustentabilidade e modelos de negócios alternativos.” (Maker Faire Rome)

Embora o termo “Maker” seja mais recente, estes “hobbystas” começaram a surgir juntamente com a cultura dos projetos DIY (Do It Yourself, ou “Faça Você Mesmo”). Estes tipos de projetos são baseados em construir objetos de maneira caseira e que possa ser compartilhado com qualquer outra pessoa do mundo.

Segundo Prado (2011), a cultura DIY teve sua origem no período pós-guerra dos anos 50 como uma reação ao consumismo e referia-se aos reparos domésticos que as pessoas faziam com as ferramentas que tinham ao seu alcance. Nos anos que se sucederam, esta cultura foi extremamente associada aos integrantes dos movimentos punk e alternativo com as bandas skiffle (uma mistura de jazz popular/folk/blues), pois construía seus instrumentos com objetos domésticos, como as tábuas de lavar e os dedais usados para a percussão, ou uma caixa grande de madeira fina que, usada junto a um cabo de vassoura, se transformava em um contrabaixo e outras ideias mais. A partir dos anos 2000 a cultura DIY tem se focado nos aspectos do dia-a-dia, onde as pessoas procuram fazer suas próprias coisas, como cerveja, roupas, bolsas, móveis etc. Os princípios são os mesmos, cada uma pode construir, modificar, transformar ou consertar suas próprias coisas sem ter que recorrer as profissionais e empresas especializadas.

Nos dias atuais, o movimento DIY está tão difundido que não faltam sites, blogs, canais no youtube e outras ferramentas da mídia que ensinam a construir objetos cotidianos de uma maneira artesanal, onde você possa personalizá-los ao seu gosto, seja deixando-o com um aspecto retrô, futurista, naturalista etc.

Abaixo citamos algumas dessas fontes de conhecimento DIY, desde blogs nacionais a sites internacionais.

1.1.1 Instructables

O site Instructables é, atualmente, um dos maiores e mais famosos sites para aprendizagem de projetos DIY, em uma conta rápida e superficial, contamos quase 300 mil projetos a disposição dos usuários e nas mais diversas áreas de trabalho. Conforme vemos na Figura 1 abaixo, o site possui projetos em áreas que vão desde as tecnologias, com a construção de objetos eletrônicos e automatizados com Arduino, a projetos gastronômicos, confecção de fantasias e roupas ou móveis domésticos. E isto é um dos pontos mais interessantes da cultura Maker, o fato de inúmeras pessoas, de diversas áreas de conhecimento, usufruírem e contribuírem para esses processos de criação amplia as possibilidades para a atuação desses profissionais em suas comunidades.

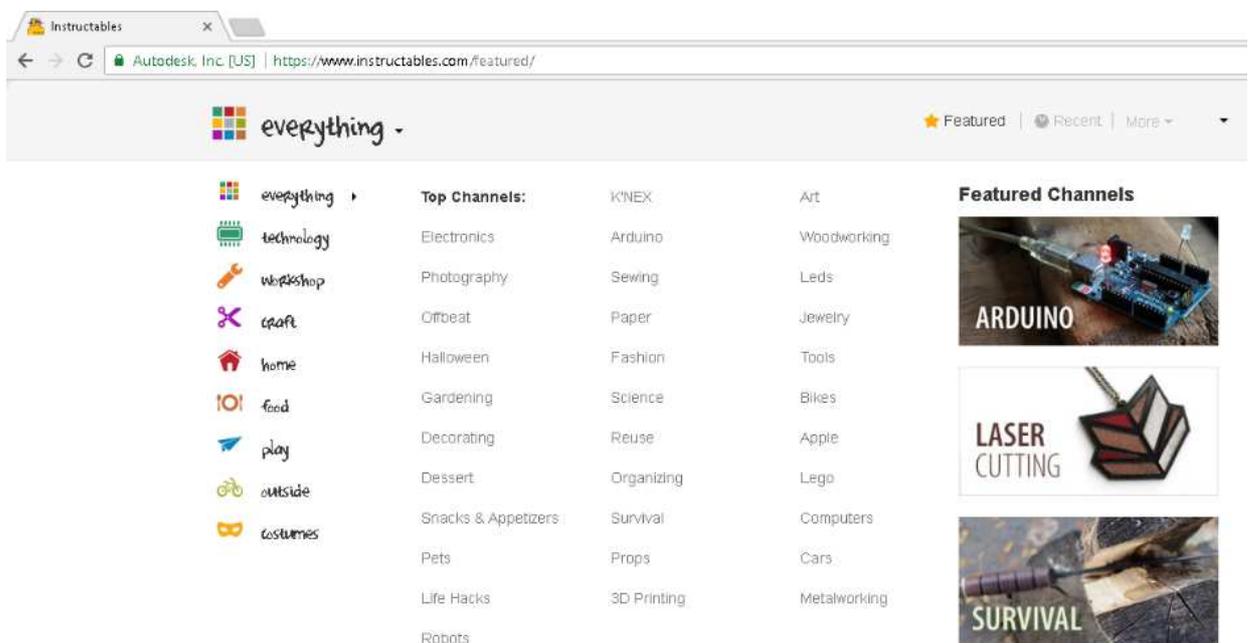


Figura 1 - Site Instructables. Fonte: <https://www.instructables.com/featured/>

O site também possui uma área com aulas sobre estes mesmos variados assuntos e realiza também concursos onde oferece prêmios aos melhores projetos enviados ao site.

1.1.2 DIY Perks

Como o próprio site descreve: *“DIY Perks is a YouTube channel about designing and building your own gadgets and technology”*. Ou seja, é um website e canal do youtube onde qualquer um pode projetar e construir seus próprios objetos e tecnologias. Foi criado por Matthew Perks em 2012 e tem se tornado uma popular fonte de inspiração e entretenimento.

O interessante desta plataforma é que Matthew Perks busca realizar projetos já conhecidos, porém, este procura melhorar aquele determinado projeto explicando os conceitos que inspiraram aquela melhoria. Um exemplo disto é o computador construído por ele (Figura 2), onde ele usa madeiras e cordas para fazer um gabinete diferente para o seu CPU. Este projeto, além de estético, trouxe vantagens ao funcionamento do computador. A primeira vantagem é com relação ao sistema de resfriamento que ficou disposto de uma maneira que se obtivesse um bom funcionamento e praticidade para realizar a limpeza. Ao assistir o vídeo, vemos também que o computador apresentou uma melhora significativa com relação ao ruído, tornando-se extremamente silencioso.

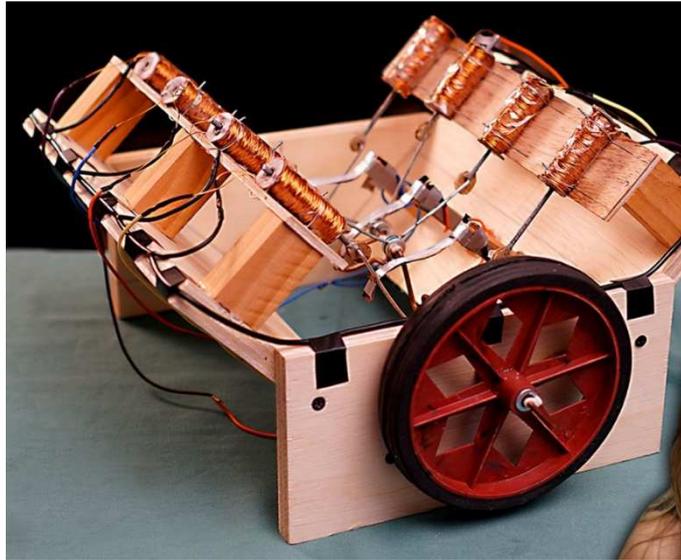


Figura 2 – Projeto de um gabinete de CPU. Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=N-z9PidYH4E>

1.1.3 Manual do Mundo

Embora o foco deste canal do youtube seja de ensinar a ciência de maneira prática e com objetos que vemos no nosso dia-a-dia, os projetos DIY auxiliam na metodologia de ensino deles e tornam a ciência mais agradável e até engraçada em alguns casos.

No exemplo da figura 3 a seguir, foi construído um motor V8 eletromagnético. No vídeo, ensina-se sobre o funcionamento do motor, o porquê de sua utilização e outras curiosidades e informações sobre ele.



*Figura 3 – Projeto de um motor V8 eletromagnético. Fonte:
<https://www.youtube.com/watch?v=SwwucPdO6ik>*

Então, a menos que você possua uma ideia de projeto muito inovador, você sempre poderá encontrar alguém que já tenha construído um projeto, pelo menos, semelhante ao que você quer construir e isto lhe ajudará a entender, tirar dúvidas e até melhorar o seu projeto.

O conceito do Movimento Maker que justifica o sucesso de muitos desses canais de projetos DIY, e a existência de muitos outros mais de menor expressão, é o fato de que tudo o que for criado no Movimento Maker deve ser compartilhado para que qualquer pessoa no mundo possa construir aquele mesmo objeto. Um dos intuitos deste conceito é que, ao encontrar a solução de um problema que assola o Brasil, esta mesma solução poderá ser aplicada em qualquer outra cidade do mundo que passe pelas mesmas dificuldades e por isso é tão importante compartilhar as soluções que cada um encontra.

Além do compartilhamento aberto dos projetos, Rifkin (2016) diz que há mais outros três conceitos que, junto ao compartilhamento, são os princípios que guiam o Movimento Maker. Os três outros conceitos são, a promoção da cultura de aprendizado colaborativo, uma crença de autossuficiência da comunidade e um compromisso com práticas de produção sustentável.

Para Hatch (2013), diferente do que disse Rifkin acerca da existência de apenas quatro princípios que guiam o movimento maker, existem nove princípios inerentes ao movimento maker e que consolidam e divulgam as boas práticas geradas por esta filosofia.

Os nove princípios são:

1. **Faça:** O fazer é fundamental para a essência do ser humano. Ao fazer, criar e expressar a nós mesmo, nos sentiremos completos;
2. **Compartilhe:** Ao compartilhar o seu conhecimento sobre o fazer com os outros, o maker atinge a plenitude do sentido do Fazer;
3. **Dê:** Há poucas coisas mais satisfatórias do que presentear alguém com um objeto que você fez. O ato de fazer põe uma pequena parte de você no objeto;
4. **Aprenda:** Você deve aprender para poder fazer. Construir um caminho de aprendizagem ao longo da sua vida garante uma existência produtiva e feliz;
5. **Equipe-se:** Você deve ter acesso às ferramentas corretas para o projeto. As ferramentas para o fazer nunca foram tão baratas e fáceis de usar;
6. **Brinque:** Permita-se se divertir ao construir algo, desta forma você se sentirá surpreso, excitado e orgulhoso com a sua descoberta;
7. **Participe:** Junte-se ao movimento maker. Participe de palestras, eventos, festas, feiras etc;
8. **Apoie:** Por ser um movimento, ele requer apoio emocional, intelectual, financeiro, político e institucional;
9. **Mude:** Aceite a mudança que, naturalmente, ocorrerá à medida que você for fazendo sua jornada. Assim você se tornará uma melhor versão de você mesmo;

1.2 Segunda Revolução Industrial

Alguns teóricos, futurólogos e escritores tem usado os termos “Terceira Revolução Industrial” (RIFKIN, 2011) e “Nova revolução Industrial” (ANDERSON, 2012) como uma forma de conceituar uma situação emergente quando se trata desses novos processos alternativos de manufatura. E o Movimento Maker é um destes princípios em ascensão, juntamente com os princípios da era digital (colaboração, compartilhamento, rede, open, co-design, dentre outros) e das práticas alternativas de produção (fabricação digital personalizada, processos de produção em rede, atitude Do It Yourself aplicada ao processo).

É complicado entender uma “Nova Revolução Industrial” sem entender primeiramente a Revolução Industrial propriamente dita. Por causa disto, estaremos fazendo uma breve revisão sobre a Segunda Revolução Industrial, seus conceitos, surgimento e finalizando no período que antecede a “Nova Revolução Industrial”.

Segundo Rifkin (2011) a Segunda Revolução Industrial teve seu ponto mais importante na racionalização da mão-de-obra, na racionalização da produção, isto é, esta racionalização nos apresentou uma nova maneira de se trabalhar, de pensar, de ver o mundo e de vive-lo. A racionalização da produção nos trouxe como principais resultados uma maior eficiência na produção e na distribuição dos produtos. Resumindo, o impacto não se deu sobre os produtos existentes à época, mas sobre a forma como se processavam estes produtos.

Para Anderson (2012), a Segunda Revolução Industrial se consolida com o domínio sobre o modelo de linha de montagem de Henry Ford. Esta filosofia trouxe, para as fábricas, a separação entre o pensar e o fazer. Porém, não podemos deixar de lembrar da influência do pensamento de Frederick Taylor. Para Rifkin (2011) Taylor é, seguramente, a grande figura deste processo e é considerado como o primeiro grande expert em gestão de recursos humanos. Taylor defendia a utilização de métodos científicos para ajustar a figura do operador aos critérios operacionais das novas burocracias empresariais. Assim, o rendimento era otimizado através de uma administração baseada em produção contínua, massiva e padronização dos processos da produção.

1.3 A Nova Revolução Industrial

Tomando como base a proposta de Taylor, podemos entender quais são os pontos chaves da transição entre a Segunda Revolução Industrial e a Nova Revolução Industrial que iremos abordar neste trabalho. A proposta de Taylor focava na verticalização do processo, ou seja, cada processo era executado por um indivíduo específico e quanto mais racionalidade a atividade pede, maior é o nível hierárquico do indivíduo que a executa. Na prática, o chão de fábrica apenas deve “apertar o parafuso” e o diretor define qual parafuso deve ser apertado. Na Nova Revolução Industrial, a proposta é de que cada indivíduo tenha liberdade para exercer o pensamento criativo e trabalhando em conjunto com qualquer outro indivíduo. Horizontalizando, assim, o processo.

Como vimos anteriormente, a Segunda Revolução Industrial só foi considerada consolidada quando as indústrias obtiveram pleno domínio sobre o modelo de produção de Henry Ford. Então, da mesma forma, não podemos considerar que esta Nova Revolução Industrial esteja plenamente consolidada, pois muito do que foi implantado no sistema de Taylor está, ainda, fortemente enraizado nas práticas gerais dos sistemas da nossa sociedade.

Um dos sistemas ainda fortemente influenciado por Taylor é o nosso sistema educacional. Ainda hoje, nossa educação é regida pelos mesmos conceitos de muitas décadas atrás, gerando um ambiente de não-questionamento e não-reflexão sobre as ordens de pessoas de níveis hierárquicos maiores.

Este tipo de ambiente pode ser considerado como “apresenta sentido” apenas dentro do contexto fabril, onde procura-se a verticalização do processo e a racionalização do trabalho. Mas para o ambiente acadêmico-estudantil, deveria ser exatamente o oposto. Para Gun, em sua palestra para o TEDx Fortaleza em 2016, as escolas matam a aprendizagem e apenas nos ensinam as respostas para os problemas, onde o certo deveria ser nos ensinar a resolver os problemas, nos ensinar a entender o problema e a partir daí encontrar melhores resoluções para estes problemas.

1.4 MakerSpace

Entendendo os Makers e suas curiosidades pela construção de projetos “Faça-Você-Mesmo”, somado a proposta de interação e pensamento criativo ao indivíduo e a necessidade de uma intervenção no modelo educacional apresentado nos dias atuais, surgem os MakerSpaces, laboratórios onde se podem fabricar objetos de maneira digital e física.

Além da criação do termo “Maker”, a Make Magazine criou também o termo “Makerspace” em 2005, logo no ano de sua primeira publicação. Porém, os Makerspaces só começaram a se popularizar com esta nomenclatura a partir de 2011, quando Dave Dougherty, co-fundador da Make Magazine registrou o domínio *makerspace.com*. A partir de então, o termo começou a ser usado para se referir a locais de acesso público onde se poderia projetar e criar coisas apoiando e favorecendo os conceitos da fabricação digital.

Em 2014, Rafael Ávila (Professor do Centro Universitário de Belo Horizonte - UniBH e Diretor de Inovação do Grupo Ânima de Educação, uma organização educacional formada por um grupo de pessoas autointituladas de sonhadoras, com o intuito de buscar novas formas de promover a educação e transformá-la) fez um tour pelos Estados Unidos da América, atravessando de costa a costa para observar, conhecer, aprender e buscar inspiração para diversas facetas da inovação. Rafael visitou as mais consagradas instituições de ensino dos EUA como Stanford, Harvard, MIT, dentre outras. Nesta viagem, os locais que ele mais gostou de conhecer, foram justamente os makerspaces.

Como ele mesmo define, os makerspaces são enormes oficinas compartilhadas, com equipamentos de ponta, à disposição dos seus usuários e o que mais lhe chamou a atenção foi a diversificação dos tipos de frequentadores. Não havia apenas um seleto grupo de pessoas que frequentavam estes makerspaces, via-se desde veteranos de guerra até donas de casa, além de estudantes, funcionários de fábricas etc. E mesmo com essa diversidade, havia muito compartilhamento de informações e interação entre esses tipos de pessoas.

1.5 Legislações

Como sabemos, uma das premissas do movimento maker e dos makerspaces é o compartilhamento aberto das informações, dados e conhecimentos adquiridos durante a criação e execução dos projetos. A esta premissa dá-se o nome de “Open Desing”.

Segundo Neves (2011): “O conceito de Open Design é antigo e evoca projetos em que ideias, melhorias ou descobertas experimentais sobre um processo de produção ou ferramentas são regularmente compartilhadas, permitindo sua livre distribuição. [...]”

O movimento Open Desing segue os mesmos conceitos do movimento Open Source, a grande diferença entre estes movimentos é que o movimento do open source surgiu com um foco específico sobre o mundo dos softwares enquanto que o Open Design foca em compartilhar a ideia e o conhecimento sobre um produto deixando-se o produto em um segundo plano de importância.

1.5.1 Open Source

O Open Source nasceu em 1998, juntamente com fundação do Movimento Open Source Innovation, por Eric Raymond e Bruce Perens. As principais motivações para a criação desta organização eram o apoio e a promoção da criação de softwares livres, ou seja, softwares de código livre para que qualquer usuário pudesse desenvolver e aperfeiçoar.

Um exemplo de software open source é o Linux, um sistema operacional desenvolvido pelo programador finlandês Linus Torvalds e que possui seu código-fonte disponível para que qualquer pessoa possa utilizar, estudar, modificar e distribuir livremente. Embora tenha sido lançado em 1991, 7 anos antes do Open Source, o Linux foi um dos softwares provedores deste movimento, pois Eric Raymond estudou e observou o seu processo de desenvolvimento para, então, escrever seu livro e fundar o Movimento Open Source Innovation.

Eric Steven Raymond, conhecido como ESR é um hacker e escritor americano nascido em 1957 em Boston, Massachusetts. Como fundador do Open Source innovation, ESR é considerado um ícone deste movimento e foi frequentemente citado como porta-voz para o movimento open source.

ESR escreveu o livro *The Cathedral & the Bazaar*, onde descrevia métodos de programação da engenharia de softwares, além de suas observações sobre o Linux e suas experiências com a administração do projeto open source *Fetchmail*, uma de suas criações. ESR apresentou este trabalho pela primeira vez em 1997, mas seu lançamento foi apenas em 1999, quando o uniu a outros trabalhos, condensando-os em um livro. Foi neste livro que Eric Raymond publicou a *Lei de Linus*, batizada desta forma em alusão a Linus Torvalds.

O enunciado da Lei de Linus nos diz que: “Dados olhos suficientes, todos os erros são óbvios”. Este enunciado funciona como uma das premissas do modo de funcionamento do código aberto (open source) onde, ao se disponibilizar todo o código-fonte ao público, este grande número de colaboradores poderá utilizar o software. Aumentando, assim, as chances de se detectar falhas nos códigos dos mesmos.

Outro grande software muito conhecido pelo público e certamente baseada no modelo da Lei de Linus, conforme foi confirmado por um de seus cofundadores é a Wikipédia. Na Wikipedia qualquer usuário pode editar as informações postadas e, por mais que erros possam ser gerados, muitos outros usuários poderão confirmar a veracidade daquelas informações.

O movimento Open Source possui muitas críticas que contestam a Lei de Linus gerando constantes debates acerca deles, um exemplo disso são os argumentos relativos às falhas de segurança que podem ser facilmente encontradas, visto que o código-fonte está disponibilizado livremente na internet. E há também quem defenda que o movimento open source é um movimento de anarquia digital.

Independente do nosso posicionamento dentre destes debates, podemos ver que o movimento open source possui suas vantagens e, assim como tudo no mundo, também possui desvantagens e pontos de melhoria. Nosso trabalho é buscar utilizar estes conceitos da melhor forma possível, tentando tornar o nosso mundo em algo melhor.

A seguir falaremos sobre o Open Design, o qual é um movimento derivado do Open Source.

1.5.2 Open Design

Para Meyer (2003) é possível reconhecer princípios ideológicos e estruturais em alguns episódios da história da criação de produtos.

Alguns desses episódios são, os altos-fornos do distrito de Cleveland na Grã-Bretanha (1850-1870) e o já explanado desenvolvimento do open source software (por volta de 1980).

O primeiro episódio se deu entre os anos de 1850 e 1870 em Cleveland na Grã-Bretanha. As companhias de ferro da época permitiram aos visitantes e consultores o acesso aos desenhos e projetos, além de dar liberdade para que os mesmos escrevessem sobre a utilização dos fornos. Diversos pesquisadores publicaram, então, informações dos projetos, como temperatura, tamanho etc. Algumas destas publicações permitiram que um alto-forno mais eficiente fosse criado, tudo baseado nos dados coletados e observados pelos pesquisadores.

Neves (2011) diz que: “[...]O Open Design segue os princípios do Open Source, sendo um projeto aberto de design cujos criadores e fabricantes permitem a sua distribuição gratuita e documentação além de modificações e derivações. [...]”

Hummels (2011) acredita que a aplicação do Open Design na educação deve fazer com que a própria educação reflita sobre seus paradigmas e preveja qual tipo de profissional a sociedade precisará no futuro. Ela acredita também que o Open Design nos traz uma ótima oportunidade para se analisar criticamente os modelos educacionais atualmente utilizados.

Hummels (2011) diz ainda que acha essencial que a educação baseada no open design deve se concentrar na formação de estudantes capazes de se manterem ativos e focados pelo resto de suas vidas, ou seja, estudantes motivados a buscar mais e mais conhecimento e que tenham a responsabilidade de fazer isso por si só, sem que haja alguém o forçando a estudar. Desta maneira, o conhecimento adquirido e a qualidade de suas atividades serão almejados pelo próprio estudante. Com este intuito, as instituições de ensino devem ensinar aos estudantes a importância de se realizar trabalhos colaborativos com peritos nas áreas de estudo desejadas, respeitando seu conhecimento e mostrando suas próprias capacidades e potencial.

Hummels (2011) conclui que o Open Design não deve apenas forçar o maker a decidir sua profissão e sua carreira, mas deve também desafiar os educadores e o sistema educacional a se reestruturar.

1.5.3 A quem pertence os projetos criados?

Os makerspaces seguem os princípios do open design e, por isso, pregam a preferência pela documentação dos projetos executados em seus espaços colaborativos, esta premissa é de suma importância para o compartilhamento do conhecimento adquirido e para a divulgação e fortalecimento da comunidade maker para outros grupos de pessoas.

Reiterando o que foi dito anteriormente, os makerspaces pregam a preferência pelo compartilhamento, mas não proíbem ou impedem que o usuário queira patentear ou proteger o seu próprio projeto caso o considere muito inovador. O papel do makerspaces nesses casos é o de informar e indicar novas opções para os usuários destes laboratórios colaborativos, mostrando as vantagens que o maker pode trazer para si mesmo ao optar pelo compartilhamento aberto da documentação e do processo de fabricação do seu projeto.

Algumas dessas vantagens já foram citadas brevemente nos parágrafos apresentados até agora, mas buscaremos adicionar mais algumas e colocá-las em formato de tópicos para reunir as informações, com o intuito de torná-las mais compreensíveis.

As vantagens são:

- O contínuo uso e análise da comunidade torna mais rápida a detecção de erros e, conseqüentemente, suas resoluções também seguem o mesmo ritmo;
- Seu conhecimento poderá ser drasticamente aumentado ao contribuir com um projeto Open Design, pois você terá a oportunidade de acessar dados e informações gerados por muitas pessoas experientes;
- A participação e o tipo de projeto open design podem agregar muito valor ao seu currículo;
- Sua rede de contatos também crescerá consideravelmente a medida que que você vai participando de mais e mais projetos ao decorrer do tempo. Esses novos contatos poderão abrir portas de novos projetos;
- Sua comunicação melhorará, com o tempo e após inúmeros projetos e documentações dos processos destes projetos, você irá ter mais facilidade de compartilhar suas ideias;

E se, mesmo assim, o usuário ainda quiser patentear e proteger seu produto não haverá problema. Como foi explicado, o princípio do Open Design é o compartilhamento de ideias e conhecimentos acerca dos processos. O produto não precisará ser compartilhado, apenas seus processos e ideias.

CAPÍTULO 2

Neste capítulo são apresentados os equipamentos existentes nos Makerspaces explicando suas histórias, funções, aplicações, modo de funcionamento e partes principais. Os makerspaces podem possuir diversas estruturas diferentes umas das outras, ou seja, não possuem padrões de máquinas ou layout. Isto se dá pelo motivo de que cada makerspace tem um foco diferente. Como foi dito anteriormente, estes espaços colaborativos atendem profissionais das mais diversas áreas então cada laboratório terá em sua estrutura física equipamentos voltados àquelas atividades que atendem melhor a área de atuação escolhida pelos gestores. Os equipamentos mostrados aqui serão aqueles que são mais comumente encontrados nos makerspaces pelo mundo e alguns exemplos de equipamentos que são identidade de áreas mais diversificadas.

2.1 Impressoras 3D

Quando se fala em makerspaces e fabricação digital, o primeiro equipamento que vem à mente das pessoas é a Impressora 3D.

As Impressoras 3D foram criadas na década de 80, por Chuck Hull, e seu primeiro protótipo saiu em 1984. Dois anos após a criação da primeira versão de sua Impressora 3D Chuck Hull fundou a empresa 3D Systems e patenteou sua invenção. A primeira impressora 3D a ser disponibilizada no mercado pela 3D Systems foi a SLA-250, fato que ocorreu em 1989.

A Impressora 3D idealizada por Hull utilizava uma tecnologia batizada como *estereolitografia*, a qual explicaremos mais à frente junto a outros tipos de impressoras 3D. Um ano após o lançamento da SLA-250 a empresa Stratasys 3D Modeler também entrou no mercado. A Stratasys, fundada por Scott Scrump, é a principal concorrente da 3D System, porém, suas impressoras 3D utilizam um novo tipo de tecnologia, batizada por FDM (Fused Deposition Modeling).

As impressoras 3D auxiliaram na redução de custos operacionais e de desenvolvimento de produtos nos mais diversos setores como o automobilístico, arquitetura, engenharias, design etc. Mesmo como novas opções de tipos de impressoras 3D e de empresas oferecendo estes produtos no mercado, os custos permaneciam altos, o que tornava a aceitação e a adoção destes equipamentos nas empresas mais difícil e limitada.

Chuck Hull também obteve êxito ao prever que sua invenção demoraria de 25 a 30 anos para chegar a se tornar acessível à população em geral. Inicialmente, devido ao elevado custo de aquisição destes equipamentos (cerca de 1 milhão de dólares), apenas empresas de grande porte como General Motors e Mercedes-Bens eram capazes de adquirir e incorporar a nova tecnologia aos seus processos produtivos. Nesta última década as impressoras 3D sofreram uma grande inovação em seus produtos. Em 2009 e 2011, respectivamente 25 e 27 anos após a primeira versão da impressora 3D de Hull, surgiram duas startups que revolucionaram a indústria das impressoras 3D. Essas startups são a Makerbot e a Formlabs e a revolução trazida por elas foram as Impressoras 3D “Desktop”, ou Impressoras 3D de mesa.

A revolução gerada por estas duas startups só foi possível graças ao movimento maker e seu princípio de compartilhamento de projetos. No ambiente maker, estes projetos compartilhados são conhecidos como Open Design, onde todo e qualquer detalhe referente àquele projeto foi disponibilizado e está acessível para que as pessoas possam reproduzir ou melhorar. Um desses projetos open design é o Projeto RepRap, nascido na Inglaterra em 2004, este projeto tinha como objetivo a autorreplicação das impressoras 3D e desenvolvimento da tecnologia. A partir do Projeto RepRap, que surgiram as impressoras MakerBot e, posteriormente, as Formlabs.

2.1.1 Tipos de Impressoras 3D

As impressoras 3D possuem diversos tipos de tecnologias para impressão do material, a seguir conheceremos algumas delas.

2.1.1.1 Extrusão

São as impressoras mais conhecidas e mais comumente encontradas entre os makers que buscam apenas um hobby, devido ao menor custo para aquisição. Estes equipamentos (Figura 4) custam a partir de R\$ 10.000,00 aqui no Brasil. As principais empresas fornecedoras destas impressoras 3D são a Stratasys e a Makerbot, a qual pertence a Stratasys, porém foca na produção de impressoras de mesa.

O modo de funcionamento é bem simples. A impressora possui um extrusor que injeta camadas subsequentes de material plástico aquecido. Os materiais plásticos mais utilizados são Acrilonitrila Butadieno Estireno (ABS) e Poli Ácido Lático (PLA).

Este tipo de Impressora 3D possui baixa resolução de impressão, ou seja, não possui muita riqueza de detalhes e possui uma limitação para imprimir peças com geometrias mais complexas, acarretando aumento do tempo de impressão.



Figura 4 - Exemplo de uma Impressora 3D por Extrusão. Fonte: <https://store.makerbot.com/printers/replicator/>

2.1.1.2 Estereolitografia (STL)

São as impressoras criadas por Chuck Hull e atualmente construídas por empresas como 3D System e Formlabs. Seus custos para aquisição são um pouco mais elevados ficando a partir de USD 5.000, na conversão atual ficaria aproximadamente R\$ 17.000,00 + impostos.

Baseiam-se na incidência de uma fonte de luz em uma resina fotopolimérica (material que muda do estado líquido para o sólido através da incidência de luz), traçando a forma do objeto camada por camada.

Este processo possui alta resolução da camada da peça impressa. Em contrapartida, este sistema precisa de um processo de cura através de exposição ao calor para o completo enrijecimento da resina. Outro ponto negativo é que este sistema necessita de corte das pontas geradas pela movimentação do laser.

Há um outro tipo de impressora 3D muito semelhante às impressoras de estereolitografia (Figura 5), são as Impressoras DLP (em português, Digital de Processamento de Luz), e por este motivo estarei citando-as aqui nesta seção. Basicamente, a única diferença desta tecnologia com a estereolitografia é que neste processo a fonte de luz endurece a resina de uma só vez, ao contrário da camada-por-camada, deixando o processo extremamente mais veloz.



Figura 5 - Processo de Estereolitografia. Fonte:

<http://www.techtudo.com.br/listas/noticia/2016/02/entenda-como-funcionam-os-diferentes-tipos-de-impressoras-3d.html>

2.1.1.3 Laser Sintering (Sínterização a Laser)

Outra tecnologia que possui muitas semelhanças com a estereolitografia (Figura 6). Desta vez, o processo volta a ser feito camada por camada e o que muda é que, ao invés da resina, o material a ser sintetizado é um pó de vidro, de metal ou cerâmico.

Este processo tem como principal limitação a necessidade de ser realizado em uma câmara vedada, para que se obtenha um maior controle sobre a temperatura, a qual deve ser mantida elevada e constante.

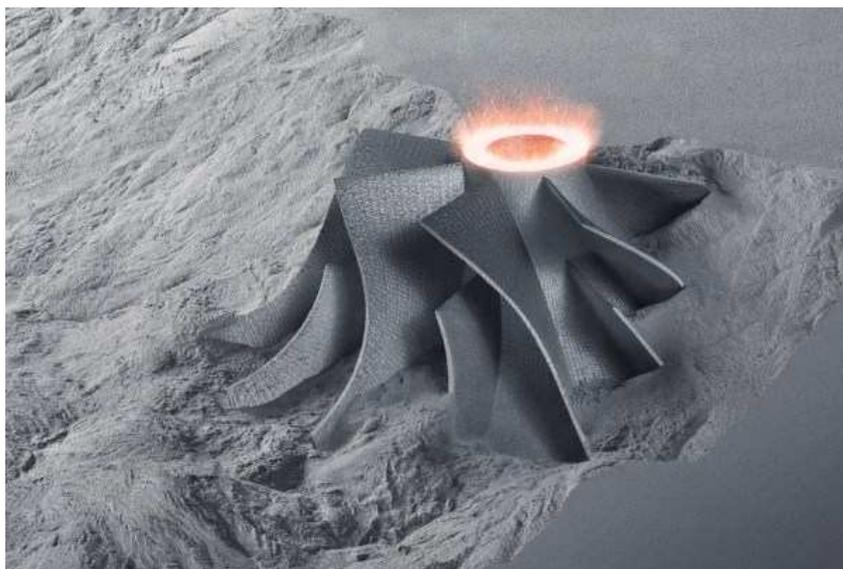


Figura 6 - Impressão por Processo de "Laser Sintering". Fonte:

<https://www.manufacturingguide.com/en/selective-laser-sintering-sls>

2.1.1.4 Sinterização Seletiva a Laser (SLS - Seletive Laser Sintering)

Uma variação do processo anterior de Sinterização a Laser, seu diferencial é a utilização de um laser mais potente, o qual descarta a necessidade da câmara vedada para manter o controle sobre a temperatura, conforme Figura 7.

Este laser é capaz de sinterizar materiais diversos como cerâmico, nylon, vidro, alumínio etc.

O produto dispensa a utilização de uma estrutura de apoio pois utiliza o próprio material em pó como suporte. Esta é uma característica que a torna mais prática que o processo STL (Estereolitográfico). O pó não utilizado poderá ser reaproveitado futuramente em outra impressão.

Embora apresente vantagens sobre as impressoras de esterolitografia, este tipo de impressora possui altos custos de aquisição e manutenção tornando-as inviáveis.

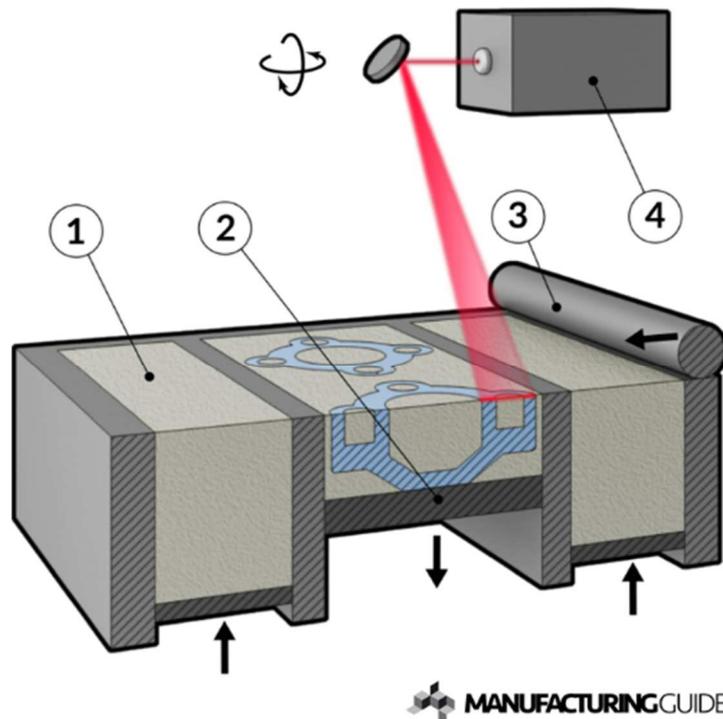


Figura 7 - Impressão por Processo de "Seletive Laser Sintering". Fonte: <https://www.manufacturingguide.com/en/selective-laser-sintering-sls>

Graças a cultura do Open Design dentro do movimento maker, existem inúmeras outras tecnologias de impressão 3D, todas baseiam-se nos projetos já existentes e disponibilizados na internet. Qualquer pessoa no mundo pode utilizar estes projetos e modifica-los, a fim de melhorar o funcionamento, diminuir custos, mitigar as limitações etc.

2.2 Plotter de Recorte

As Plotters de Recortes (Figura 8) são equipamentos derivados das impressoras comuns. As Plotters são impressoras que se utilizam de um programa vetorial para realizar a impressão de desenhos de grandes dimensões, mantendo sua qualidade. Alguns exemplos de documentos impressos são os mapas cartográficos, projetos de engenharia e grafismo. No caso das Plotters de Recorte, ao invés de se ter um cabeçote para lançar o jato de tinta sobre o papel, elas possuem uma fina lâmina em sua cabeça de impressão. Com este equipamento, podemos realizar cortes em materiais como o vinil, papéis, filmes do tipo transfer, tecidos, PVC, acrílico etc.

A primeira Plotter de Recorte foi apresentada ao mundo em 1988, quando a Empresa Roland DG lançou a CAMM-1 PNC-1000.

Atualmente, encontramos Plotters de Recorte com preços que variam entre R\$ 1.500,00 a R\$ 4.500,00, dependendo se são os modelos de mesa ou as de maior porte.



Figura 8 – Plotter de Recorte. Fonte: <http://www.plotag.com.br/plotter-recorte-preco>

2.3 Cortadora a Laser

As cortadoras a laser (Figura 9) são equipamentos de comando numérico que utilizam de um feixe de laser de CO₂ para gravar e cortar diversos materiais. Estas máquinas gravam e cortam em 2 dimensões, trabalhando nos eixos X e Y. A velocidade de trabalho e a espessura do material a ser trabalhado são diretamente proporcionais a potência deste equipamento. Isto quer dizer que, quanto maior a potência da máquina (medida em Watts), mais rápido será realizado o trabalho ou mais espesso será o material cortado e vice-versa.

Durante a pesquisa de campo realizada por Eychenne e Neves (2013), observou-se que estes equipamentos eram os mais populares entre os frequentadores dos laboratórios colaborativos visitados. Isso se deve à facilidade de manuseio por parte dos iniciantes e a simplicidade de apropriação da máquina

Estes equipamentos podem gravar materiais como metal, alumínio, pedras, madeira e podem cortar madeira, papel, papelão, acrílico, couro, tecidos entre outros.

Os valores para aquisição destes equipamentos variam de acordo com a potência, tamanho e periféricos (exaustores de fumaça, filtros, sistemas de resfriamento etc) e chegam a valores entre R\$ 20.000,00 e R\$ 90.000,00.



Figura 9 - Cortadora a Laser. Fonte: <http://www.lao.cz/aplikace-79/laserove-rezani-80/rezani-kovu-laserem-85>

2.4 Fresadora de Precisão

As fresadoras (Figura 10) também são equipamentos de comando numérico, porém, utilizam ferramentas de corte para desbastar os materiais. Estas máquinas fresam em 3 dimensões, trabalhando nos eixos X, Y e Z. Este é um processo que retira o material, transformando um bloco maciço na peça desejada.

Os modelos e tamanhos da fresa variam de acordo com a finalidade do projeto, o material e a estratégia a ser utilizada. Algumas fresas realizam o desbaste mais profundo, deixando uma rugosidade maior, enquanto outras realizam desbaste de acabamento fino, deixando uma menor rugosidade. Os materiais a serem usinados variam desde os materiais metálicos até materiais como madeira ou espumas.

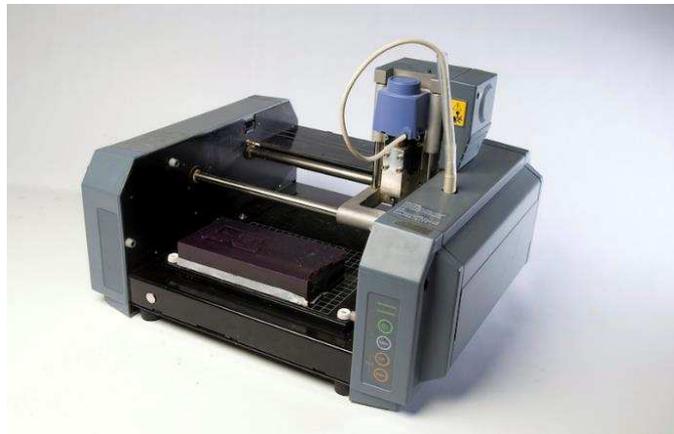


Figura 10 - Fresadora de Precisão. Fonte:

<http://fabacademy.org/archives/2014/students/flores.luis/task/electronicproduction.html>

Existem também as fresadoras de grande formato (Figura 11), que nada mais são que as fresadoras de precisão de maior porte, capazes de construir peças mais robustas.



Figura 11 – Fresadora de Grande Formato. Fonte: <http://www.tecplotter.com.br/produtos/router-cnc-standart-bmg1325.php>

2.5 Outros Equipamentos

Os makerspaces e o movimento maker abrangem diversas áreas de conhecimento, portanto há inúmeras outras máquinas e equipamentos que podem ser utilizados nesses espaços colaborativos.

Além dos exemplos citados acima, podemos ter bancadas como circuitos eletrônicos, Máquinas de Bordar CNC (Figura 12), Máquinas de Costura, estúdios fotográficos com equipamentos de iluminação (Figura 13), Fundos e Cenários ou Tela Verde e acessórios etc. Estes equipamentos dependem da finalidade do makerspacer, se ele atenderá um público interessado em eletrônicos, costura, fotografia, marcenaria, culinária, dentre outros.



Figura 12 – Máquina de Bordar CNC. Fonte: <https://br.pinterest.com/pin/86623992812073622/>



Figura 13 - Estúdio Fotográfico. Fonte: <http://college.canon.com.br/dicas/como-montar-um-estudio-caseiro-69>

2.6 Aplicações

A seguir são demonstradas algumas aplicações dos equipamentos apresentados anteriormente, buscando deixar mais claro quais as suas funções e seus impactos para o Maker Space e para a sociedade.

2.6.1 Impressoras 3D

As impressoras 3D possuem uma infinidade de aplicações e uma extensa gama de produtos que podem ser criados através delas. A seguir, seguem alguns exemplos e as áreas de atuação que as utilizam.

Medicina

A medicina é uma das áreas que estão tirando grandes proveitos desta tecnologia, muitas são as aplicações da impressão 3D nesta área.

O primeiro exemplo que podemos citar é o Projeto *Low Cost Prosthesis* (Figura 14), um projeto de próteses construídas em impressoras 3D nascido da parceria entre laboratórios colaborativos de Amsterdam, da Indonésia, do MIT, e pelo Waag, uma organização composta por grupos de pesquisas. Este projeto tem a finalidade de atender a população de países constantemente afetados pelas guerras como Irã, Iraque, Afeganistão entre outros, e os países subdesenvolvidos onde doenças como diabetes, gangrenas e infecções resultam em inúmeras amputações. Com este projeto, as próteses podem ser construídas ao custo de apenas \$ 50 (cinquenta dólares).

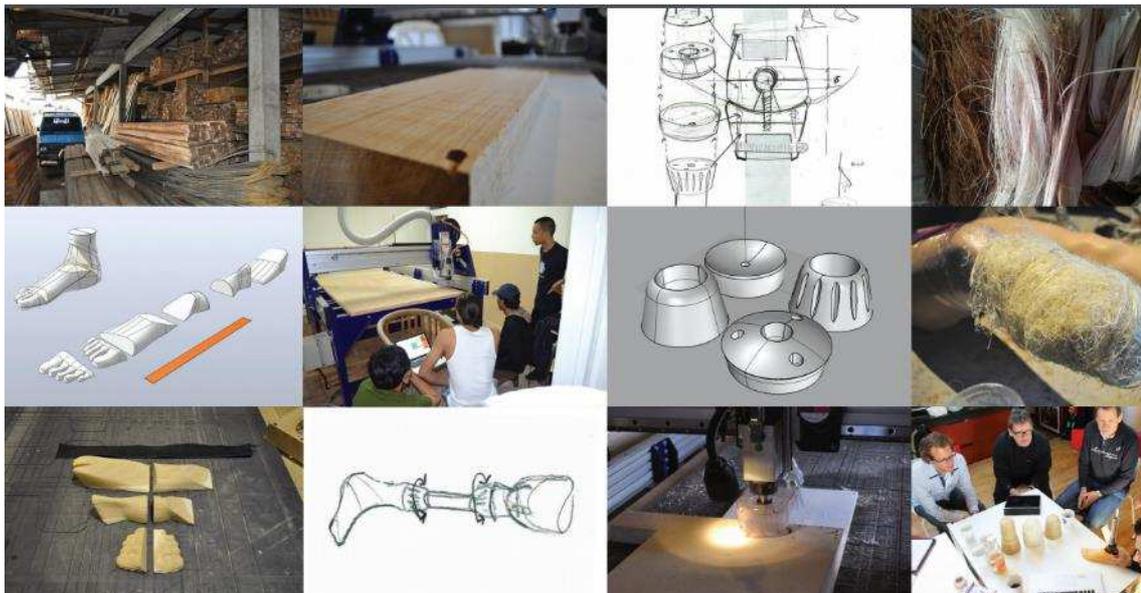


Figura 14 – Folder do Projeto *Low Cost Prosthesis*. Fonte:

<https://waag.org/sites/waag/files/media/publicaties/low-cost-prosthesis-poster.pdf>

Além de imprimir próteses a baixos custos para países mais necessitados, há projetos que utilizam impressoras 3D para criar um outro tipo de próteses, é o caso da *Exo Prosthetic Leg* (Figura 15), estas próteses feitas de titânio e produzidas em impressoras 3D têm a finalidade de serem leves, eficientes, bonitas e personalizáveis. O designer industrial William Root diz que o processo atual de fabricação de próteses possui uma barreira muito grande na necessidade de se fabricar moldes e de um período interminável de adaptação e ajustes. Com o seu projeto, ele pretende apenas escanear os membros amputados e utilizar softwares de modelagem para facilitar a vida dos médicos e pacientes envolvidos.



Figura 15 - *Exo Prosthetic Leg*. Fonte: <https://3dprintingindustry.com/news/exo-prosthetic-leg-prototype-39152/>

Continuando com as aplicações das impressoras 3D na medicina, temos exemplos além das próteses de membros amputados. Há um caso de um paciente norte-americano que teve 75% o crânio substituído por um implante impresso em 3D (Figura 16). O fato ocorreu em março de 2013, porém não há muitas informações além destas. Em 2014, houve outro caso na Holanda, onde uma jovem que sofria de uma doença óssea também recebeu um implante ósseo para substituir parte do crânio. O material utilizado é diferente dos plásticos ABS e PLA, isso se dá devido à aplicação medicinal, onde os materiais utilizados devem ser desenvolvidos de modo a não sofrer rejeição do corpo humano.



Figura 16 - Implante craniano impresso em 3D. Fonte: <https://oglobo.globo.com/sociedade/tecnologia/mulher-recebe-implante-de-cranio-impresso-em-3d-11995463>

A medicina ainda possui muitas outras aplicações para as impressoras 3D, tais como a orelha biônica (Figura 17) criada por cientistas da Universidade de Princeton, o *Cortex Cast* (Figura 18) que é um exoesqueleto utilizado para a proteção de um membro fraturado, buscando substituir o processo de engessamento atual, e finalizando, há estudos de órgãos internos e peles a serem impressas em 3D.



Figura 17 - Orelha Biônica da Universidade de Princeton. Fonte: <https://www.tecmundo.com.br/biotecnologia/39282-cientistas-criam-orelha-bionica-usando-uma-impressora-3d.htm>



Figura 18 – Cortex Cast – Exoesqueleto para membros fraturados. Fonte: <http://www.excelente.pt/artigo/15/169/partir-um-braco-tornou-se-cool/>

Engenharia

A engenharia é outra área que tira grandes proveitos das impressoras 3D. Diversos foram os itens já criados através deste equipamento, dentre eles podemos destacar o Projeto RepRap (Figura 19), onde o intuito era construir com as impressoras 3D outras impressoras 3D, gerando uma autoreprodução contínua, as aplicações em prototipagem de produtos novos também merecem ser citados, embora não exista um exemplo explícito, muitos produtos, como carros, celulares, motos, aviões, embarcações, bicicletas etc podem ter protótipos criados em impressoras 3D para realização de testes.

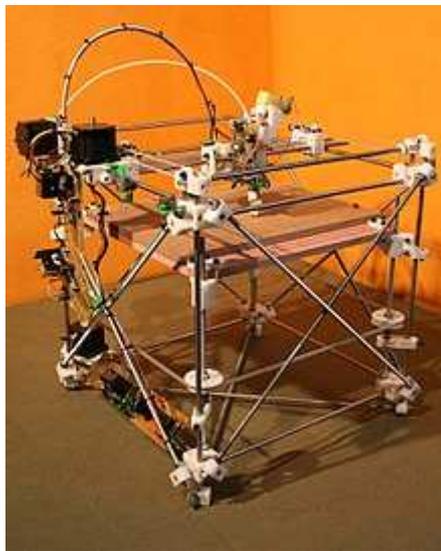


Figura 19 – RepRap versão 1.0. Fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/Projeto_RepRap



Figura 20 – Strati – Primeiro carro impresso em 3D. Fonte: <http://www.embedded-computing.com/embedded-computing-design/3d-printing-car-parts-is-a-potential-boon-to-auto-industry>

Assim como muitas outras invenções e inovações da história da humanidade, as impressoras 3D também possuem usuários que as utilizam de maneira, digamos que, “errada”. Este é o caso da *Liberator* (Figura 21), uma arma de fogo feita a partir de uma impressora 3D. este projeto abre portas para que pessoas mal-intencionadas produzam armas caseiras e as usem para outras finalidades além da auto-proteção.

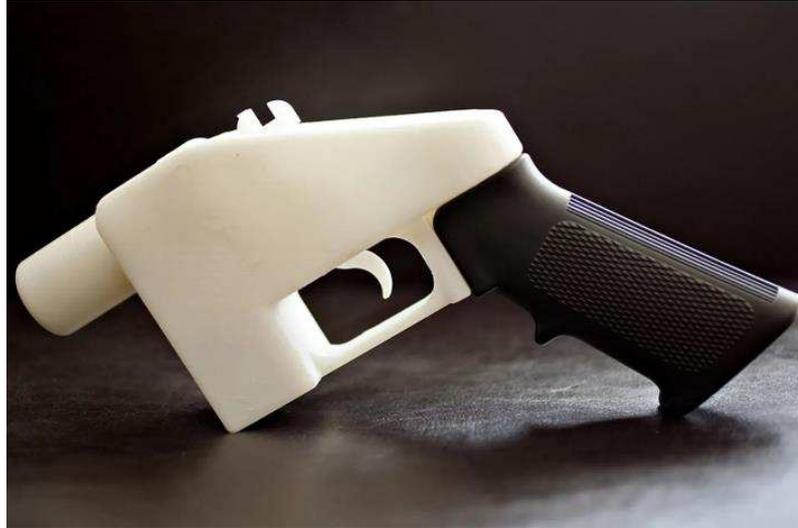


Figura 21 - Liberator - Primeira arma de fogo impressa em 3D. Fonte: <https://www.moma.org/interactives/exhibitions/2013/designandviolence/the-liberator-by-defense-distributed/>

Moda e Acessórios

O mundo da moda já teve seu primeiro desfile feito inteiramente por peças produzidas em impressoras 3D (Figura 22), o responsável por este desfile foi a designer israelense Danit Peleg.



Figura 22 – Danit Peleg e sua coleção 3D Printed Fashion. Fonte: <https://www.instagram.com/p/Bj-ECxDnQdc/?taken-by=danitpeleg3d>

Demais Segmentos que se Beneficiam da Tecnologia

É totalmente compreensível que se tenha muitas áreas de conhecimento utilizando esta tecnologia de impressão 3D, afinal, como foi dito anteriormente, este equipamento sofreu considerável evolução na última década e esta inovação a tornou extremamente presente em locais externos ao ambiente industrial.

Além dos exemplos anteriormente citados, há também muitas outras aplicações das impressoras 3D em áreas como gastronomia (Figura 23), educação, engenharia civil (Figura 24), arquitetura, música etc.



Figura 23 - Projeto Choc Edge. Fonte: <http://diy3dprinting.blogspot.com/2014/01/chocolate-choc-creator-v1-3d-printer.html>



Figura 24 - Projeto Wasp imprime casas. Fonte: <https://makezine.com/2014/10/14/wasps-20-foot-tall-3d-printer-to-make-mud-houses-in-rural-areas/>

2.6.2 Plotters de Recortes

Os plotters de recorte possuem aplicações mais conhecidas pelo público em geral, estes equipamentos são comumente empregados em empresas de sinalização (Figura 25), agências de comunicação visual, serigrafias, indústria têxtil etc.



Figura 25 – Aplicações de plotter de recorte para sinalização. Fonte: <http://www.easysign.com.br/placa-de-sinalizacao-hospitalar>

2.6.3 Cortadora a Laser

O Pluvi.On (Figuras 26) é um projeto brasileiro, composto por uma rede pluviômetros de baixo custo conectados entre si que tem a função de coletar dados e facilitar a comunicação para a comunidade. Criado com base nos pluviômetros clássicos utilizados há décadas como importantes fontes de coleta de dados, o Pluvi.On utiliza esses dados para buscar prever as constantes enchentes e inundações urbanas ocorridas nas nossas cidades brasileiras.

As cortadoras a laser possuem grande aplicação na confecção deste projeto, pois é o processo de fabricação que constrói boa parte de suas peças. Os detalhes de confecção deste projeto podem ser encontrados e acessados no site Instructables, no link <http://www.instructables.com/id/PluviOn-Pluvi%C3%B4metro-De-Baixo-Custo/> (acesso em: 21 de maio de 2018)



Figura 26 – Pluvi.On (a esquerda) e Peças de um Pluvi.On desmontado. Fonte: <http://www.instructables.com/id/PluviOn-Pluvi%C3%B4metro-De-Baixo-Custo/>

2.6.4 Fresadoras CNC

Um bom exemplo para a aplicação destes equipamentos é o projeto The Layer Chair (Figura 27), uma cadeira criada pelo designer norueguês Jens Dyvik em um laboratório colaborativo na indonésia. O projeto baseia-se em uma placa de MDF, a qual é cortada através da fresadora e posteriormente é colada e recebe acabamentos. Este projeto nasceu com a finalidade de se testar a fresadora de grande formato da ShopBot. Este projeto já foi replicado em diversos países do mundo graças ao princípio do Open Design, ou seja, este projeto está disponível e documentado na internet para acesso livre.



Figura 27 - The Layer Chair. Fonte: <http://www.dyvikdesign.com/site/portfolio-jens/the-layer-chair-amsterdam-edition.html#more-766>

CAPÍTULO 3

Neste capítulo são contrastadas as diferenças existentes entre a metodologia de Fabricação Digital e o método tradicional de fabricação. Em seguida são mostradas algumas metodologias e ferramentas aplicáveis ao ensino baseado no movimento maker.

3.1 Fabricação Digital x Fabricação Tradicional

Sabe-se que os equipamentos de fabricação digital nos dão uma infinidade de caminhos e opções para que possamos exercitar nossa criatividade e criar objetos novos, estes equipamentos por vezes se apresentam a um custo relativamente barato comparado a outras máquinas mais tradicionais que as fábricas adquirem para implantar em seus processos produtivos. Mas então qual a razão para que estes equipamentos não tenham caído nas graças dos empresários destas fábricas? Um primeiro fator que pode ser a resposta para esta pergunta é a capacidade produtiva destes equipamentos.

Em nossas explicações é possível perceber que a maioria dos equipamentos de fabricação digital são muito bons em produzir itens personalizados, itens únicos e modificados de acordo com a vontade do cliente. As impressoras 3D de extrusão são um bom exemplo disso, porém, as peças personalizadas demandam algumas, ou muitas, horas para que sejam impressas. Nos maquinários de fábricas o intuito é o de produzir a maior quantidade possível de peças, nas mesmas condições, nas mesmas dimensões, com a menor variação possível entre elas e no menor intervalo de tempo possível. Para este exemplo podemos citar um processo de estamparia, onde podemos fabricar uma quantidade de peças consideravelmente grande em poucos minutos.

Algum leitor pode fazer o seguinte questionamento: “Se eu quiser produzir um objeto de maneira extremamente rápida, eu devo comprar e utilizar os maquinários tradicionais e caros que as indústrias utilizam?”. A resposta é: “não necessariamente”. Como foi dito, estes maquinários de fábrica podem produzir rápido. Em contrapartida eles necessitam de um investimento inicial superior aos equipamentos de fabricação digital e só valem a pena se a produção e a quantidade de objetos a se fabricar ultrapassar um determinado valor calculado previamente.

Dentre os equipamentos de fabricação digital existem tecnologias que também são capazes de produzir objetos em um curto intervalo de tempo, assim como os processos industriais tradicionais, mesmo possuindo um custo um pouco mais elevado entre os equipamentos de fabricação digital, eles ainda saem mais em conta que os custos para se utilizar maquinário industrial. Foi dito que as impressoras do tipo estereolitográficas são capazes de realizar uma impressão 3D em alguns segundos. “Então por que não as utilizar em uma fábrica?”. Novamente a resposta para esta pergunta está relacionada com a quantidade de produção. Embora as velocidades de processamento das peças sejam equivalentes entre os Impressora 3D de estereolitografia e os processos industriais e os custos de aquisição da impressora sejam consideravelmente mais baratos, quando se ultrapassa uma certa quantidade de produtos fabricados, os custos de fabricação da impressora 3D se tornam mais caros. Traduzindo, o custo inicial dos processos industriais é mais elevado e gera um *Valor Residual de Depreciação* sobre os *Ativos Fixos* (máquinas e dispositivos) adquiridos. Com o passar do tempo, esse valor residual chegará a R\$ 0,00 e é a partir deste momento que os processos tradicionais passam a ser mais vantajosos, economicamente falando, sobre a fabricação digital.

A área de estudo de contabilidade é bem extensa, mas foi realizada uma breve conceituação sobre os termos utilizados a pouco.

O Ativo compreende, de forma muito simplificada, os bens e os direitos da entidade expressos em moeda; (MARTINS et al., 2010, p. 18).

A maior parte dos elementos que constituem o ativo imobilizado tem sua vida útil limitada no tempo, e a maioria deles, após seu uso, produz um valor de venda inferior ao investido em sua aquisição (às vezes, não provoca nada de valor final de venda). Esse valor final de venda, após o uso, de um Ativo Imobilizado costuma ser chamado de valor residual. (MARTINS et al., 2010, p. 146).

Um outro fator citado por Anderson (2012) que contribui para a não utilização dos equipamentos de fabricação digital nos processos fabris é que, por mais fascinante que sejam estes processos de fabricação, eles não se comparam ao mundo físico e real. Nem pelo ponto de vista econômico, onde o e-commerce equivale a menos de 10% da economia mundial, nem pelo ponto de vista de participação do nosso cotidiano, afinal ainda estamos cercados por bens físicos, moradias, carro, escritórios etc.

3.2 Fabricação Digital na Educação

Sabendo que a Fabricação Digital ainda não tem espaço nos processos produtivos das fábricas, podemos aplicá-la então no âmbito escolar juntamente com os conceitos de Maker, DIY, Makerspace, Open Design etc apresentados nos parágrafos passados.

Outrossim os nossos modelos educacionais estão, em sua maioria, defasados e quase estáticos, podemos então destacar alguns conceitos que podem ser aplicados junto aos conceitos já apresentados para começarmos a desbravar um novo caminho em busca da melhoria de nossa educação.

3.3 STEM Education

Embora o termo seja recente no cenário educacional, a ideia do STEM Education já existe há algumas décadas. Comumente apresentado como uma metodologia de ensino inovadora, o STEM é, na verdade, um movimento decorrente de uma transformação de diversos sistemas educacionais ao redor do mundo.

A sigla STEM é um acrônimo em inglês das palavras Science, Technology, Engineering e Mathematics (Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática). O movimento é muito mais do que apenas unir estes assuntos em um único contexto, o STEM Education traz consigo a busca pela inovação dos modelos educacionais, pelo incentivo à aprendizagem interdisciplinar e pelo foco na aplicação prática do aprendizado, tudo isso auxiliado por ferramentas marcantes da revolução tecnológica a qual estamos passando.

Em um breve histórico podemos ver que, estudos feitos nos EUA ao final da década de 90 e início dos anos 2000 revelaram que: o país estava à beira de um colapso econômico e empregatício, devido uma previsível e grave escassez de profissionais das áreas STEM. E o desempenho escolar dos estudantes norte-americanos em exames internacionais estavam a níveis baixíssimos.

Com estas informações, aliado ao visível baixo interesse dos alunos acerca dessas carreiras STEM, ficou nítido que a grande maioria das escolas não estavam acompanhando a evolução tecnocientífica e as inovações pedagógicas.

A partir de então, os EUA fizeram um enorme investimento no setor educativo, buscando formar um exército de professores das áreas STEM. Anualmente, inúmeras escolas e programas STEM são lançados e financiados pelo governo iniciado, à época, no mandato de Barack Obama, o qual declarou o movimento como uma prioridade nacional.

Pelo ponto de vista metodológico, o STEM Education tem como principal fundamento o ensino através da resolução de problemas, projetos ou desafios. Este fundamento traz o estímulo ao aprendizado através de atividades mão-na-massa.

No Brasil, o STEM Education ainda não possui a força necessária para transformar o nosso país. O número de escolas particulares, cursos de idiomas e cursos privados que aplicam o STEM em suas grades curriculares têm aumentado gradativamente, porém, no âmbito da educação pública, o governo ainda não tem dado a devida importância ao movimento.

3.4 Metodologia PBL (Problem-Based Learning)

Foi dito anteriormente que o principal fundamento do Movimento STEM é a educação através da resolução de problemas, projetos ou desafios. Nesta sessão iremos falar exatamente sobre esta metodologia de ensino, buscando os conceitos, fundamentos, objetivos, vantagens e desvantagens desta metodologia.

A Aprendizagem Baseada em Problemas, se caracteriza pelo uso de problemas reais do nosso cotidiano para instigar o desenvolvimento do pensamento crítico e das habilidades de solução de problemas dos alunos. Para Barrows (1996, apud Ribeiro, 2005), a implementação do PBL, originado no final da década de 60 na Universidade de Medicina McMaster, se deu pela insatisfação e pelo tédio dos alunos frente ao grande volume de ensinamentos puramente teóricos ministrados pelos professores. Estes alunos saíam da universidade sabendo muitos conceitos, mas não sabiam como aplica-los a um diagnóstico.

Embora seja uma metodologia relativamente antiga, muito se tem criticado esta metodologia devido ao fato da existência de base científica quase nula a respeito de seus fundamentos. Todavia, os fundamentos-base do PBL possuem fortes semelhanças e parecem derivar de teorias de aprendizagem como a de Ausubel, Bruner, Dewey, Piaget, Rogers dentre outros.

A seguir falaremos brevemente sobre as teorias de Ausubel e Piaget, entendendo como elas influenciaram a metodologia PBL.

David Ausubel foi um psicólogo da educação estadunidense que viveu entre 1918 e 2008 em Nova Iorque, nos Estados Unidos da América. Sua família era judia e muito pobre, além de serem imigrantes da Europa Central.

Posteriormente, obteve formação acadêmica no Canadá e, após a decisão de dedicar-se a educação buscando o verdadeiro aprendizado, Ausubel tornou-se representante do cognitivismo e sua teoria será explanada a seguir.

Assim como muitos outros teóricos do cognitivismo, David Ausubel acredita que cada ser tem uma estrutura cognitiva detentora de diversas áreas de conhecimentos em que a organização e integração das ideias possam ser processadas.

Ausubel focou seus esforços e atenção para estudar a aprendizagem no dia-a-dia das salas de aulas da maioria das escolas. Com isso, ele pôde identificar um fator que, isoladamente, era o que mais influenciava na aprendizagem dos alunos. Este fator é o conhecimento que o aluno já possui pois foi absorvido em alguma experiência passada e o professor tem por objetivo identifica-lo e repassar o novo conhecimento ao aluno de acordo com aquilo que ele já está familiarizado. Novas ideias e conceitos são retidos e incorporados mais facilmente à estrutura cognitiva do indivíduo quando os conceitos relevantes dessa nova informação ficam claramente ancorados aos seus conhecimentos passados.

Ou seja, a teoria se baseia no conceito central de Aprendizagem Significativa. Este é um processo na qual o novo conhecimento se conecta com alguma faceta específica presente na estrutura cognitiva do aluno. A esta faceta, Ausubel denomina Conceito Subsunçor e o processo de ancoragem da nova informação resulta em crescimento e modificação do conceito subsunçor. Segundo Ausubel (apud Moreira, 1999) a estrutura cognitiva é uma estrutura hierárquica de conceitos que são representações de experiências do indivíduo.

Quando há pouca, ou até mesmo nenhuma, interação entre as novas informações e os conceitos subsunçores, ocorre o que Ausubel define como Aprendizagem Mecânica. Nestes casos, o conhecimento é posto aleatoriamente na estrutura cognitiva do indivíduo, é o que conhecemos por “decorar a matéria da escola”. Embora seja contra a aprendizagem mecânica, Ausubel não trata a aprendizagem mecânica e a significativa como opostos extremos, para ele nada mais são do que continuidade uma da outra. Um exemplo clássico da aprendizagem mecânica é a memorização de fórmulas na disciplina de física. Demonstrando a continuidade entre as aprendizagens defendida por Ausubel podemos citar casos onde os professores criam “macetes” para lembrar as fórmulas, esses macetes podem estar em forma de frases sobre assuntos e conhecimentos já adquiridos pelos alunos ou também podem estar em forma de músicas que estão fazendo sucesso no momento. Eles tornam a aprendizagem mecânica em significativa por incorporar os conceitos subsunçores em forma de músicas ou frases.

Ausubel (apud Moreira, 1999) define também as Aprendizagens por Recepção e por Descoberta. Na primeira, o conteúdo que se deve ancorar aos conceitos subsunçores já é apresentado em sua forma final, enquanto que na segunda, o conteúdo deve ser desenvolvido pelo aluno e então ancorada aos conceitos subsunçores. Independente de qual for o caso, em ambas as situações, é possível haver aprendizagem significativa, contanto que haja a conexão da nova informação com algum aspecto específico da estrutura cognitiva.

Ausubel (apud Moreira, 1999) define, ainda, algumas condições para que ocorra a aprendizagem significativa são elas:

- O conhecimento a ser aprendido deve ser relacionável à estrutura cognitiva do indivíduo e de maneira não-arbitrária e não literal. Ou seja, a nova informação deve ter alguma ligação com uma informação já existente na mente do indivíduo e deve-se mostrar isto ao aluno de maneira que ele possa relacionar teoria e prática, entendendo-a como um todo. Um material com estas características é declarado como Potencialmente Significativo;

- O aprendiz deve manifestar uma disposição para relacionar o novo aprendizado. Independente de quão potencialmente significativo seja a nova informação, de nada adiantará se o indivíduo não tiver a intenção de aprendê-lo. Se o aluno não estiver disposto a aprender, todo o aprendizado será mecânico;

Ausubel defende que há de se tomar cuidado quando se pretende testar a compreensão dos conceitos ensinados por meio da aprendizagem significativa. Nossa educação atual moldou os alunos a memorizar respostas mecanizadas. Mas não apenas formulas e proposições foram mecanicamente memorizadas pelos alunos, chega-se ao ponto de haver causas, exemplos, explicações e até resolução de problemas típicos memorizados pelos alunos. A proposta de Ausubel é que se deva formular questões de uma maneira nova e não familiar, requerendo que o aluno transforme o conhecimento adquirido pelo material instrucional.

Já o biólogo suíço Jean Piaget dedicou-se a pesquisar temas relacionados ao entendimento da origem da inteligência e do conhecimento, da evolução humana e da racionalidade durante grande parte de sua vida.

Para Moreira (1999), a ascensão do cognitivismo e o declínio do behaviorismo, quando se trata de suas influências sobre o ensino/aprendizagem, se deu na década de 70, quando Piaget foi “redescoberto”. A influência de Piaget é tão presente, que se chega a pensar que a teoria de Piaget é a própria teoria construtivista.

Segundo Teixeira (2008), Piaget diz em sua teoria que a ação do homem sobre os objetos ao seu redor permite à inteligência humana a assimilação e integração do novo conteúdo à sua estrutura cognitiva. Ou seja, o conhecimento não está no sujeito nem no objeto, mas na interação entre eles, não podendo ser estudados isoladamente homem e mundo. Com isso, podemos dizer que não há inteligência igual entre dois sujeitos, pois não há ação ou assimilação completamente iguais entre dois, ou mais, sujeitos diferentes. Como cita Piaget (1978) “[...] conhecer não consiste em copiar o real, mas em agir sobre ele e transformá-lo, de modo a compreendê-lo em função de sistemas de transformações a que estão ligadas essas ações”.

Nos textos de Moreira (1999), podemos concluir que Piaget define três esquemas fundamentais para ocorrer o desenvolvimento cognitivo. O primeiro esquema é o de Assimilação. Na Assimilação o sujeito constrói esquemas mentais para abordar a realidade e incorporá-la a sua estrutura cognitiva, isto é, a mente do indivíduo não se modifica, o conhecimento já está inserido na estrutura cognitiva e apenas é aplicada. Quando uma determinada situação não pode ser apenas assimilada pela mente do indivíduo, o organismo tende a se modificar para aquela nova estrutura, e a isto se dá o nome de estruturas de Acomodação. É através das estruturas de acomodação que se dá o desenvolvimento cognitivo, levando à construção de novos esquemas de assimilação. Não há acomodação sem assimilação, pois a acomodação é a reestruturação da assimilação. Quando se chega ao equilíbrio entre assimilação e acomodação, chegamos aos esquemas de Equilíbrio e este esquema se estende até a idade adulta, em algumas áreas de experiência do indivíduo.

Contudo, não podemos afirmar que estes esquemas são únicos no desenvolvimento cognitivo, há também outros esquemas que complementam este desenvolvimento. No entendimento de Piaget, a mente é um conjunto de esquemas que se aplicam a realidade. Um exemplo disso é o esquema de Classificação, a qual tende a classificar tudo que é classificável, organizando e facilitando a assimilação. A estrutura cognitiva é, então, um complexo de esquemas de assimilação interagindo entre si.

O trabalho de Piaget se concentrou no estudo do desenvolvimento cognitivo e não propriamente no processo de aprendizagem. Piaget preferiu analisar como ocorre o aumento do conhecimento, concluindo que só há aprendizagem quando o esquema de assimilação sofre acomodação.

O foco de estudo de Piaget não foi a educação, mas podemos ver com clareza que para se obter aprendizado, precisamos provocar um desequilíbrio no organismo do aluno, de modo que ative seus esquemas assimilativos e acomodativos, gerando uma reestruturação cognitiva equilibrada. Ou seja, o verdadeiro conhecimento não pode ser ensinado pela escola, mas construído pelo sujeito através das ações exercidas sobre os objetos de estudo. Desta forma o conhecimento jamais será esquecido, ao contrário dos conhecimentos adquiridos na escola tradicional, por meio de repetição e memorização. Logo, o objetivo da educação não é impor verdades absolutas, mas possibilitar que o sujeito vivencie e descubra por si próprio as correlações e noções, sendo apenas guiados pelos professores.

Depois dessa síntese das teorias de aprendizagem de Ausubel e Piaget, podemos concordar com as palavras de Ribeiro (2005) onde afirmam que as fundamentações do PBL estão vinculadas à premissa da psicologia cognitiva de que o aprendizado não deve ser ensinado, mas sim construído pelo próprio aluno.

Com a metodologia de resolução de problemas do dia-a-dia, essas situações corriqueiras funcionam como os conceitos subsunçores que o aluno utilizará para ancorar o novo conhecimento. Por outro lado, ao agir e resolver esses problemas que o próprio aluno presencia no seu dia-a-dia, o aluno estará agindo sobre o objeto de estudo e, conforme diz a teoria de Piaget, o aluno assimilará e acomodará a nova informação em sua estrutura cognitiva.

Embora a metodologia PBL tenha conquistado grande importância no sistema educacional de diversos países pelo mundo afora e seja reconhecido como detentor de um grande potencial por diversos outros, o PBL também apresenta suas vantagens e desvantagens.

As vantagens desta metodologia estão relacionadas principalmente com as características do cognitivismo, isto é, a aquisição de conhecimento se dá de uma maneira mais significativa e duradoura.

Para Powell (2000, apud Ribeiro. 2005), no ensino de engenharia, a metodologia PBL motiva o estudante a realizar trabalhos práticos e a buscar o conhecimento por si só. Ao se trabalhar em grupos para solucionar as problemáticas apresentadas, os alunos se tornam mais comunicativos e acabam por criar uma certa parceria que vai se desenvolvendo ao longo dos anos de estudo. Para finalizar, os projetos fazem com que os alunos apresentem mais iniciativa para buscar os conhecimentos específicos para execução do projeto.

Um exemplo de projeto que utiliza a metodologia PBL é o Projeto Baja SAE. Este projeto é uma competição entre estudantes de engenharia onde eles devem aplicar os conhecimentos adquiridos em sala de aula para construir um veículo de corrida off-road (Figura 28). Orientados por um professor de sua instituição de ensino, um grupo de estudantes das mais variadas áreas da engenharia se mobilizam para a concepção, realização de projetos, construção do veículo e testes de funcionalidade do projeto. Esta competição é organizada, aqui no Brasil, pela SAE Brasil e, no resto do mundo, pela SAE International. A SAE (Society of Automotive Engineering) é uma organização mundial responsável pela padronização e normatização de dados relativos aos setores automotivos e aeroespacial.



Figura 28 – Baja – Veículo Off-road construído por uma equipe de estudantes de engenharia.

Fonte: https://drivetribe.com/t/Zg5CgjjYSRKMonnP_AgIFQ/members

Durante a competição, os veículos construídos pelas equipes devem passar por inúmeros testes para comprovar a qualidade de seus projetos. Dentre os testes realizados, há testes de aceleração, frenagem, força, segurança, inovação tecnológica e outros mais, finalizando no teste mais aguardado pelos participantes, o de resistência, onde as equipes competirão por um circuito acidentado e repleto de obstáculos por 4 horas seguidas com seus veículos, atestando se os mesmos serão capazes de aguentar as condições do terreno.

Em Manaus temos apenas uma equipe que conseguiu participar da competição, nos anos de 2016, 2017 e 2018 (Figura 29). Esta equipe representa a UEA e é formada por diversos estudantes de engenharia da unidade EST (Escola Superior de Tecnologia). Outras instituições tentaram ou estão tentando formar uma equipe para participar da competição, dentre elas há uma equipe em formação no Ifam.

A oficina que a equipe Baja UEA construiu necessita de algumas poucas mudanças para se transformar em um makerspace, ainda que possamos identificar várias das características movimento maker, como o trabalho colaborativo, as atividades mão-na-massa, dentre outros, o sistema de compartilhamento de informações ainda não é bem divulgado. Embora a equipe não trate as informações com sigilo, não há a documentação disponível na internet como prega o Open Design. Ao divulgar estes princípios entre as equipes da competição baja, obteremos um grande crescimento geral das mesmas.



Figura 29 – Veículo da Equipe Baja UEA durante competição nacional de 2017 realizada no estado de São Paulo. Fonte: <https://bajaeua.blogspot.com/>

A SAE International também organiza outras competições entre alunos como é o caso da AeroDesign SAE, do Formula SAE e o mais recente Formula Drone, onde se devem construir aeronaves controlada remotamente, um veículo para corrida em autódromos e drones, respectivamente.

Voltando à metodologia PBL, Powell (2000, apud Ribeiro. 2005) cita algumas desvantagens do processo de ensino pela metodologia PBL. A primeira delas diz respeito a confiabilidade do conhecimento adquirido de forma autônoma pelos estudantes acerca de teorias mais complexas, onde necessitasse de um facilitador, no caso um professor, mais experiente e possuidor de um conhecimento mais aprofundado de tais teorias. Outro ponto a se observar são os estudantes detentores de certa dificuldade em trabalhar em grupo e que, ao seguir o ritmo de aprendizagem do grupo, não consiga acompanhar o andamento, podendo se frustrar com o ensino.

3.5 A aprendizagem Criativa e os 4 P's

Mitchel Resnick é professor do MIT Media Lab e diretor do grupo de pesquisa *Lifelong Kindergarten*, em tradução livre “jardim de infância vitalício”. O principal ideal que Resnick defende é justamente o que inspira e batiza o grupo de pesquisa. Este ideal é que a universidade deva ser abordada da mesma maneira que o sistema de aprendizagem é tratado no jardim de infância.

Eu sempre busco inspiração no modo que o ensino é conduzido no jardim de infância. As crianças estão constantemente criando em colaboração e, no processo, eles aprendem coisas importantes. Infelizmente o restante da vida escolar não é assim. (RESNICK, 2014, em entrevista ao site Porvir).

Baseado nessa crença, Resnick transformou os espaços que seus alunos de mestrado e doutorado utilizam para fazer suas pesquisas. Assim como as salas de educação infantil, estes laboratórios são amplos, sem muitas paredes, repletos materiais que vão desde massa de modelar até mesas de pingue pongue, mas sem deixar de lado os materiais disponibilizados por uma das universidades mais tecnológicas do mundo que são computadores, robôs e equipamentos de última geração.

Resnick é defensor do movimento maker e as bases conceituais de colaboração, apoio, compartilhamento entre outras, o auxiliaram a transformar os espaços citados acima, transformando-os em um makerspace.

Para o especialista, há diversas barreiras que se devem derrubar para que a educação comece a evoluir, dentre elas estão:

1. A Disciplina: onde se deve aplicar a metodologia PBL e deixar que os alunos sejam mais livres para criar e aprender. Tornando o aprendizado mais atraente para eles;
2. O Tempo: os alunos devem ser livres para decidir quanto tempo dedicar para cada atividade, contanto que haja aprendizado e retorno positivo deste tempo investido;
3. A Idade: a interação entre alunos de idades distintas pode trazer novos aprendizados para todos;

Resnick (2014) acredita na metodologia PBL, onde as pessoas trabalham em projetos significativos e transdisciplinares. Desta forma, o aluno precisará escrever, resolver problemas matemáticos e ter conhecimentos científicos. Obtendo, então, a melhor preparação para a vida adulta. Independente da profissão a ser escolhida pelo

aluno, as competências desenvolvidas nesses projetos serão de grande valor no futuro.

Todas essas pesquisas e crenças de Resnick e o grupo de pesquisa Lifelong Kindergarten são baseado em quatro núcleos elementares, batizados por eles como sendo os 4 P's da aprendizagem criativa. São eles:

1. Project (Projetar): como dito anteriormente, os alunos aprendam melhor ao trabalhar ativamente em projetos significativos onde poderão expressar-se criando e construindo coisas;
2. Peers (Socializar): o aprendizado se multiplica com a atividade social, com pessoas trocando ideias, colaborando e trabalhando em conjunto;
3. Passion (Paixão): ao trabalhar em projetos de apelo sentimental aos estudantes, eles se manterão mais focados, se esforçarão mais e persistirão frente às dificuldades;
4. Play (Brincar): aprender deve ser divertido. Devemos arriscar coisas novas e brincar com as possibilidades existentes;

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Frente ao que foi exposto até o momento neste trabalho, podemos perceber que o mundo maker, seus conceitos e os espaços conhecidos como makerspaces nos abrem diversas possibilidades para podermos melhorar a nossa realidade. Essas melhorias podem ser vistas na criação de novas tecnologias que podem mudar o mundo, de novos produtos para resolução de problemas antes sem solução, ou melhoria de algum processo já existente e acomodado.

O movimento maker com sua filosofia de colaboração, atividades mão-na-prática, entre outras, influenciaram as metodologias de ensino apresentadas aqui neste trabalho e muitas outras mais. Todos esses conceitos e metodologias de ensino buscam, como citado a pouco, melhorar o processo educativo que se encontra defasado e atrasado.

Com a melhoria do processo educativo através dos conceitos estudados, possivelmente irão surgir alunos mais interessados na busca pelo aprendizado, com melhor desempenho escolar e, futuramente, poderá haver uma evolução da sociedade em que estes alunos estarão inseridos. É muito fácil de se observar que a maioria das melhores universidades e instituições de ensino do planeta estão em países desenvolvidos, ou seja, quando se investe nesses princípios e conceitos de educação, há uma melhoria perceptível do ensino e no crescimento do país como um todo. Há alguns países subdesenvolvidos que já abriram os olhos para essas tendências da educação e já começaram seus investimentos nesses caminhos. Futuramente veremos esses países como pertencentes ao grupo de países desenvolvidos.

Mas o movimento maker não serve apenas para se aplicar a educação, como vimos no decorrer deste trabalho, foram apresentados brevemente diversos projetos e produtos nascidos dentro dos makerspaces e espaços colaborativos de fabricação digital. Com isso, é possível resolver desde problemas incidentes em diversos países do mundo até os problemas de determinada comunidade da nossa cidade. Isto é importante pois, independente do desenvolvimento do país, poderemos estar ajudando diversas pessoas que sofrem com aquele determinado problema.

Através dos projetos usados como exemplo, buscamos atingir mais pessoas para que possam vir a se interessar por este universo de possibilidades. E, desta

forma, mais e mais pessoas passarão a estudar este movimento e utilizar das ferramentas dispostas por ele e pelos makerspaces para ajudar a melhorar o mundo em que vivemos.

Para finalizar, salientamos que não basta apenas construir laboratórios com máquinas e equipamentos de ponta, é preciso também entender e seguir as premissas do movimento maker, deve-se buscar a colaboração, o auxílio a outras pessoas, a experimentação, a diversão etc. Como por exemplo, um laboratório de usinagem não é por si só um makerspace, por mais que se aplique o conceito de mão-na-massa, há muitos outros conceitos ausentes nesta organização. Um makerspace deve possuir uma quantidade maior e mais diversificadas de equipamentos, para que os alunos possam trabalhar em conjunto e que tenham acesso às ferramentas adequadas para resolver os projetos e problemáticas propostas pelo professor.

REFERÊNCIAS

NEVES, Heloisa. **Maker innovation. do open design e fab labs... às estratégias inspiradas no movimento maker.** 2014. 261 p. Tese (Doutorado - Área de concentração: Design e Arquitetura) – FAUUSP. São Paulo.

RIBEIRO, Josiane S. **Tecnologias Digitais: a educação em outra disposição do espaço e tempo.** 2016. 155 p. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade de Brasília/UnB, Brasília.

GONZALES, Maria Alice Camargo. **Ferramenta para concepção, projeto e operação de espaços para ensino de engenharia que incentivem a criatividade e a inovação.** 2016. 225 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo.

AGUIAR, F.F., CESCO, R., MACEDO, M., & TEIXEIRA, C.S. (2017). **Desenvolvimento e implantação de um Fab Lab: um estudo teórico.** Revista Espacios.

EYCHENNE, Fabien e NEVES, Heloisa. **Fab Lab: A Vanguarda da Nova Revolução Industrial.** São Paulo: Editorial Fab Lab Brasil, 2013.

O que aprendi sobre os Makerspace. Disponível em: <<https://universidadedocotidiano.catracalivre.com.br/o-que-aprendi/o-que-aprendi-sobre-os-makerspace>>. Acesso em 29 de abril de 2018.

O que é maker space? Que espaço é este? Disponível em: <<https://universidadedocotidiano.catracalivre.com.br/o-que-aprendi/unimonte/o-que-e-maker-space-que-espaco-e-este/>>. Acesso em 29 de abril de 2018.

Verbet Draft: O que é MakerSpace. Disponível em: <<https://projetodraft.com/verbete-draft-o-que-e-makerspace/>>. Acesso em 29 de abril de 2018.

Is it a Hakerspace, Makerspace, TechShop, or FabLab? Disponível em: <<https://makezine.com/2013/05/22/the-difference-between-hackerspaces-makerspaces-techshops-and-fablabs/>>. Acesso em: 29 de abril de 2018.

Você ainda vai ser um Maker | Heloísa Neves | TEDxIbmec. TEDx Talks. Youtube. 3 de setembro de 2014. 17min21seg. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=jM5H9ezlIgs&app=desktop>>. Acesso em 29 de abril de 2018.

Escolas Matam a Aprendizagem | Murilo Gun | TEDxFortaleza. TEDx Talks. Youtube. 9 de novembro de 2016. 15min49seg. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=WaulURFTpEc>>. Acesso em 29 de abril de 2018.

Makerspaces and Equal Access to Learning. Disponível em: <<https://www.edutopia.org/blog/makerspaces-equal-access-to-learning-laura-fleming-billy-krakower>>. Acesso em 30 de abril de 2018.

What is a Makerspace? Disponível em: <<https://www.makerspaces.com/what-is-a-makerspace/>>. Acesso em 30 de abril de 2018.

GRIFFITHS, Sarah. **The Amateur at Play: Fab Labs and Sociable Expertise**. 10th European Academy of Design Conference – Crafting the Future, 2012. Disponível em: <http://www.meetagain.se/papers/four/ead_2013_s_griffiths.pdf>. Acesso em 01 de maio de 2018.

PRADO, Ana. **A volta da cultura do “faça você mesmo”**. SuperInteressante. out. 2011. Disponível em: < <https://super.abril.com.br/cultura/a-volta-da-cultura-do-faca-voce-mesmo/>>. Acesso em: 12 de maio de 2018.

HATCH, Mark. **The Maker Movement Manifesto: Rules for Innovation in the New World of Crafters, Hakers, and Tinkerers**. McGraw-Hill Education, 2013.

RAYMOND, Eric. **The Cathedral and the Bazaar – Musings on Linux and Open Source by an Accidental Revolutionary**. EUA: JM O’Reilly & Associates, 1999.

MEYER, Peter B. **Episodes of Collective Invention**. Office of Productivity and Technology: EUA, 2003

TROXLER, Peter; ATKINSON, Paul; HUMMELS, Caroline. **Open Design Now: Why Design Cannot Remain Exclusive**. Amsterdam: BIS publishers, 2011.

MARTINS, Eliseu; LUDÍCIBUS, Sérgio de; RAMOS, Alkindar de Toledo; CASTILHO, Edilson; FILHO, Eduardo Weber; BENATTI, Luiz; JR, Ramom Domingues; KANITZ, Charles. **Contabilidade Introdutória**. 11ª Ed. São Paulo. Editora Atlas. 2010.

ANDERSON, Chris. **Makers: a nova revolução industrial**. Trad. Sob a direção de Afonso Celso da Cunha Serra. Rio de Janeiro. Elsevier, 2012.

RIBEIRO, Luis R. de C. **A Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL): uma implementação na educação em engenharia na voz dos atores**. 2005. 236 p. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade Federal de São Carlos/UFSC, São Carlos.

DEWEY, J. **Experiência e educação**. 3ª edição. Trad. Sob a direção de Anísio Teixeira. São Paulo: Companhia editora nacional, 1979.

MOREIRA, Marco Antonio. **Teorias de aprendizagem**. São Paulo: EPU, 1999.

PIAGET, J. **A psicologia da inteligência**. Rio de Janeiro: Fundo de Cultura, 1958.
PIAGET, J. A tomada de consciência. São Paulo: Melhoramentos, 1977.

PIAGET, J. **Coleção Os Pensadores**. 2. ed. São Paulo: Abril Cultural, 1983. (A epistemologia genética, Sabedoria e ilusões da filosofia, Problemas de psicologia genética).

PIAGET, J. **Development and learning**. Journal of Research in Science Teaching, v. 11, n. 3, p. 176-186, 1964.

PIAGET, J. **Intellectual Evolution from Adolescence to Adulthood**. Trans. Joan Bliss & Hans Furth Human Development, n. 15, p. 1-12, 1972.

PIAGET, J. **O estruturalismo**. 3. ed. Rio de Janeiro: Difel, 1979.

PIAGET, J.; INHELDER, B. **A psicologia da criança**. 3. ed. Rio de Janeiro: Difel, 2007.

TEIXEIRA, M. **Interação social e tomada de consciência a partir do desenho de adultos**. 284f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Setor de Educação, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

Site Porvir. **STEM: o movimento, as críticas e o que está em jogo**. Disponível em: < <http://porvir.org/stem-o-movimento-as-criticas-e-o-que-esta-em-jogo/>> Acesso em: 29 de maio de 2018.

ALLAN, Luciana. **O que é aprendizado STEM e como ele pode colocar o Brasil entre as grandes potências mundiais educacionais?** Disponível em: <<https://exame.abril.com.br/blog/crescer-em-rede/o-que-e-aprendizado-stem-e-como-ele-pode-colocar-o-brasil-entre-as-grandes-potencias-mundiais-educacionais/>> Acesso em: 29 de maio de 2018.

CARON, Aline. **O que é STEM?** Disponível em: < <https://www.positivoteduc.com.br/blog-robotica-e-stem/o-que-e-stem/>> Acesso em: 29 de maio de 2018.

RESNICK, Mitchel. **Give P's a chance: Projects, Peers, Passion, Play**. MIT Media Lab. 2014. Disponível em: <<https://web.media.mit.edu/~mres/papers/constructionism-2014.pdf>> Acesso em: 31 de maio de 2018.

RESNICK, Mitchel. **All I Really Need to Know (About Creative Thinking) I Learned (By Studying How Children Learn) in Kindergarten**. in ACM Creativity & Cognition conference, 2007.

GOMES, Patrícia. **'A universidade deveria ser como o jardim de infância'**. Porvir. 2014. Disponível em: <<http://porvir.org/a-universidade-deveria-ser-como-jardim-de-infancia/>> Acesso em: 31 de maio de 2018.