



## **Prototipagem rápida e educação Multidisciplinar**

### *Rapid Prototyping and multidisciplinary education*

Soares, Luiz Henrique de Mello. Graduando em engenharia mecânica; Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, l.mello.eng@gmail.com

Souza, Alisson Dalsasso Corrêa. Docente.; Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, alisson.souza@erechim.ifrs.edu.br

**Resumo:** A tecnologia de prototipagem rápida apresenta uma ampla gama de aplicações no mercado e na educação. O curso de engenharia mecânica do IFRS Erechim teve o primeiro contato com essa tecnologia no ano de 2018, porém a atual utilização do equipamento pelo curso é pequena perante seu potencial. A proposta desse artigo é empregar esse equipamento como viabilizador de práticas multidisciplinares, buscando por alternativas que integrem diferentes disciplinas com intuito de melhorar a construção do conhecimento por parte dos alunos. Através de pesquisas e simulações em softwares de modelagem foram realizadas propostas de práticas multidisciplinares com foco em uma educação baseada na solução de problemas, apontando a tecnologia de prototipagem rápida como viabilizadora dessa prática.

**Palavras chave:** Prototipagem rápida. Educação. Engenharia mecânica.

**Abstract:** Rapid prototyping technology has a wide range applications in industry and education. The IFRS Erechim mechanical engineering course had the first contact with this technology in 2018, however the current use of the equipment by the course is minimal given its potential. This article purpose is identify this equipment as a viable option in multidisciplinary didactics, searching for alternatives that bring different disciplines in order to improve the streaming of knowledge to students. By conducting research and simulations on modeling software some multidisciplinary practices were proposed focused on problem-solving education, made possible by the rapid prototyping technology.

**Keywords:** Rapid Prototyping. Education. Mechanical Engineering.

## **1 INTRODUÇÃO**

A tecnologia de prototipagem rápida surge da década de 80. Desenvolvido pelo engenheiro Chuck Hull, o primeiro equipamento possibilitava a fabricação de lâmpadas, utilizadas para secagem de resinas, de uma forma mais eficiente. As primeiras impressoras 3D se estabeleceram no mercado nos anos 90. Patenteadas pela empresa System Corp., o equipamento permitia a fabricação, rápida e eficiente, de peças em plástico com elevado grau de detalhamento. A popularização dessa tecnologia ocorre no ano de 2013 com o lançamento das primeiras impressoras 3D que utilizavam com base para seu funcionamento um código livre (RepRap). O código livre RepRap é abordado por Bagliotti (2017) como sendo um viabilizador da autorreplicação de um equipamento de prototipagem rápida, sendo responsável pela popularização dessa tecnologia. A temática de código livre tornou público o

conhecimento em que se baseava a movimentação do bico injetor, utilizados em impressoras 3D, no ambiente de impressão. Essa popularização permitiu o desenvolvimento de uma comunidade que atualiza o site (reprap.org) com diferentes projetos de baixo custo. Atualmente essa tecnologia pode ser encontrada em máquinas que fabricam peças em metal, que soldam placas de equipamentos eletrônicos e que constroem uma casa em menos de 24 horas. O Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS) - *Campus* Erechim teve o primeiro contato com essa tecnologia em meados de setembro do ano de 2018, através do projeto “Disseminação de conhecimento sobre prototipagem 3D”, que permitiu a aquisição do equipamento pela instituição. Desde então, o equipamento vem sendo utilizado em projetos de extensão. Porém, esse equipamento apresenta muito mais potencial que o atualmente aproveitado já que a tecnologia de prototipagem rápida pode conduzir melhorias para o curso de engenharia mecânica se utilizada em práticas educacionais.

Pinto (2006) aponta como uma das causas de uma ampla evasão do curso de engenharia a não adequação do atual sistema de ensino, moldadas para atender as demandas da sociedade do século passado, não se adequando a nossa atual sociedade. Sendo o problema de evasão presente no curso de nossa instituição e uma prática comum por alunos de engenharia de todo o Brasil. Além disso, o autor aponta uma exigência, cada vez maior, por parte do mercado de trabalho por profissionais com formações cada vez mais focada na gestão e resolução de problemas, onde o engenheiro se adéque com facilidade em diferentes projetos e tenha como habilidade o desenvolvimento de atividades em grupos com focos multidisciplinares.

Nesse cenário, esse artigo apresenta como objetivo de identificar o equipamento de prototipagem rápida como viabilizador de projetos multidisciplinares. Abordando, de maneira breve, a possibilidade de utilização da ferramenta para fabricação de material didático, porém se mantendo focado em abordar possíveis práticas multidisciplinares que levam em consideração a disponibilidade de materiais, tecnologias e laboratórios de nossa instituição. As propostas de práticas multidisciplinares serão realizadas com base na sugestão de alguns professores e nas pesquisas por modelos, disponíveis na internet, que possam ser utilizados em sala de aula. Serão identificadas as disciplinas, oferecidas pelo curso de engenharia mecânica do IFRS *campus* Erechim, que se envolvem direta e indiretamente nos projetos pospostos e, quando necessário, realizadas simulações em softwares como *TinkerCad*, *SolidWorks* e *Repetier* para analisar a viabilidade de realização, em sala de aula, do projeto proposto.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1 Impressora 3D, Prototipagem e engenharia reversa**

Com base nos estudos realizados por Bagliotti (2017) e Giordano (2016), atualmente existem três tecnologias distintas relacionadas a manufatura aditiva e impressão 3D. Sendo elas: i) Sinterização Seletiva a Laser (SLS); ii) Estereolitografia (SLA), patenteado por Chuck Hall, e; iii) Fusão e Deposição de Material (FDM), tecnologia usualmente encontrada nas impressoras 3D convencionais, realiza a deposição controlada de filamento plástico, camada por camada, confeccionando um modelo real. Com base no material de treinamento oferecido pela REPETIER (2018), *software* gratuito de fatiamento para impressoras 3D, o equipamento de prototipagem rápida FDM realizam a divisão do modelo virtual em camadas enviando para a máquina um código que direciona a movimentação do equipamento de

injeção da matéria-prima. Esse tipo de tecnologia logo ficou conhecida no mercado como equipamento de prototipagem rápida devido sua aplicabilidade no desenvolvimento de protótipos. Vianna et al. (2012), define o processo de prototipar, no livro *design thinking – inovações em negócios*, como sendo: “Prototipar é tangibilizar uma ideia, a passagem do abstrato para o físico de forma a representar a realidade – mesmo que simplificada – proporcionar validações.” sendo essa uma boa definição do que é proposto por uma impressora 3D. Por fim, engenharia reversa é definido por Júnior (2005) como sendo a realização de uma análise prévia do funcionamento de determinado produto para tentativa reprodução e desenvolvimento, gerando, por consequência, um novo produto. O processo de engenharia reversa é muito beneficiado pela tecnologia de prototipagem pela possibilidade de uma reprodução rápida de modelos virtuais, facilitando a análise e o desenvolvimento de um projeto já existente. O autor ainda afirma que essa prática é utilizada por grandes empresas como a IBM-PC.

## **2.2 Educação em Engenharia**

Ao abordarem educação em engenharia como área do conhecimento, Oliveira e Pinto (2006), apontam como desafio ao curso de engenharia a incorporação de novas tecnologias assim como a formação de um profissional com habilidades de áreas administrativas e de gestão. Os autores ainda apontam a demanda por um perfil de profissional que se aproprie de novos conhecimentos, contribua para o desenvolvimento científico, apresente originalidade e criatividade na solução de problemas, saiba trabalhar em equipe, ajude a desenvolver as áreas relacionadas a engenharia entre outras habilidades. Também apontam que a atual prática de ensino, utilizadas em grande parte das escolas de engenharia, é ultrapassada e pode não ser mais eficaz na produção de respostas para a atual demanda social, podendo essa ser uma das causas das altas taxas de evasão e retenção nos cursos de engenharia de todo o país.

Em sua tese de doutorado, Garrido (2006) desenvolve uma estrutura baseada em modelos pedagógicos, conhecida como educação corporativa policêntrica. A proposta do autor se baseia em um processo educacional onde os meios de ensino apresentam papel principal na formação profissional, utilizando, principalmente, como meios de ensino a tecnologia, *softwares* computacionais e a engenharia pedagógica. O autor aponta que o papel da engenharia pedagógica no processo de ensino se dá pela introdução de ações didáticas, práticas e informacionais para o domínio teórico por parte do estudante. Um dos principais pontos apontados pelo autor é que esse processo de educação não depende apenas da produção e implementação de didáticas, mas de toda uma mudança cultural e organizacional dentro da instituição. Dentro das questões culturais, é ressaltado pelo autor práticas como a do Kaizen, onde se busca uma melhoria constante do sistema analisado, desenvolvimento de um saber baseado na transdisciplinaridade, onde, através da realização de projetos, preferencialmente multidisciplinares, o aluno se torna protagonista no desenvolvimento do seu conhecimento, com auxílio de mentores e grupos de apoio, realizando um processo de “Autoformação”. É definido que através do processo Corporativo Policêntrico o aluno se destaca por aprender nas modalidades formal, não formal e informal, desenvolver-se inteiro (corpo, mente e alma), aumentando sua capacidade de desenvolver competências. Sendo extremamente importante o desenvolvimento de práticas multidisciplinares para serem utilizadas pelos alunos em seu processo de Autoformação.

## **2.3 Projeto lite maker e temática fab lab**

Um dos projetos pioneiros a utilizar a tecnologia de prototipagem rápida junto a

educação foi Wen (2016) na faculdade de medicina da universidade de São Paulo, com a realização de um catálogo de diversos órgãos do corpo em humano, em tamanho real ou em escala, para oferecer aos alunos a possibilidade de um estudo mais aprimorado, com auxílio de modelos em escala de estruturas, como o tímpano, que devido suas pequenas dimensões eram de difícil apresentação os alunos. Com relação a educação básica, Santana, et al.(2016), menciona que projetos conhecidos como *lite maker* vem se tornando frequentes no Brasil. Esse tipo de projeto consiste na implementação de atividades dinâmicas multidisciplinares onde o aluno é estimulado a desenvolver seu conhecimento através da realização de atividades práticas que auxiliam na assimilação de conceitos fundamentais. Essas praticas utilizam de laboratórios móveis, conhecidos como *fab lab*, onde são disponibilizadas as ferramentas necessárias para a realização das atividades. Gerando como resultado final do trabalho dos alunos experimentos que auxiliam na visualização de conceitos.

### **3 Metodologia**

Com base na necessidade pelo desenvolvimento de projetos multidisciplinares da educação corporativa policêntrica e na aplicabilidade de projetos multidisciplinares desenvolvidos pela temática *lite maker* no ensino básico, o artigo realiza propostas de projetos que utilizem o equipamento de prototipagem rápida em sua realização, procurando incentivar uma maior aplicação do equipamento no curso de engenharia mecânica. Para isso, foram realizadas conversas prévias com professores do curso de engenharia mecânica da instituição, a fim de obter algumas ideias de aplicação da ferramenta e procurado por aplicações que já utilizavam do equipamento. Após seleção dos diversos projetos encontrados e sugeridos, serão realizadas propostas de projetos com foco em aplicações multidisciplinares, que, quando possível, apresentam breves representações realizadas com auxílio de ferramentas de modelagens simples, como o *TinkerCad*, e complexas como *SolidWorks* e *Repetier*.

## **4 RESULTADOS**

### **4.1 Divisão das utilidades na educação e o desenvolvimento de ferramentas**

Ao se analisar o equipamento de prototipagem rápida associada a educação foram encontradas basicamente duas possibilidades de aplicação: como produtora de ferramentas didáticas e como viabilizadora de projetos multidisciplinares. Silva, Siple e Figueiredo (2016) apontam a utilização dos equipamentos de prototipagem rápida como forma de auxiliar no processo de ensino da matemática, nas disciplinas como álgebra linear e geometria analítica. Além das aplicações apresentadas pelos autores, a utilização do equipamento pode ser beneficiada com o estudo de matrizes e suas rotações, auxiliando na utilização de programas de fatiamento, permitindo gerar uma impressão com menor quantidades de estrutura de suporte e com uma melhor qualidade final. Dentro da temática de produção de ferramentas didáticas a impressora 3D vem se destacando na educação por permitir o desenvolvimento e reprodução de ferramentas didáticas para abordar conceitos complexos. O equipamento permite o desenvolvimento de modelos em escala, ampliada ou reduzida, facilitando a visualização de conceitos abordados em sala de aula, como, por exemplo, as diferentes estruturas cristalográficas apresentadas nas disciplinas de ciências dos materiais, conceitos de tensões, normais e cisalhantes, e suas respectivas deformações, reprodução

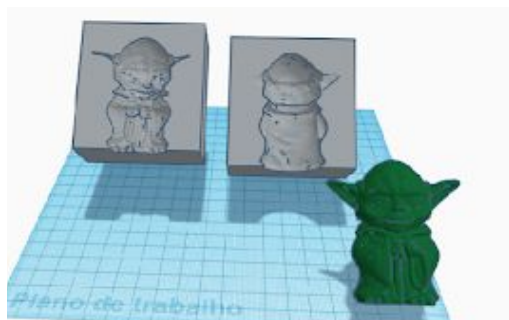
de diferentes elementos de máquinas entre diversas aplicações. Dentro da Instituição, uma das disciplinas que pode se beneficiar muito com a aplicação dessa ferramenta com intuito de desenvolver ferramentas didáticas é a disciplina de mecânica dos fluidos. Nessa disciplina o equipamento de prototipagem rápida pode ser utilizada para atualizar a bancada de fluidos, utilizando a tecnologia de prototipagem para fabricação equipamentos de medição, como um tubo de Pitot, com intuito de aprimorar a bancada didática presente na instituição

#### 4.1 Possibilidades de aplicações multidisciplinares.

##### 4.1.1 Moldes de fundição Caixas de moldes personalizadas

Com foco em integrar as disciplinas de soldagem e fundição, desenho técnico II, usinagem e metrologia, o equipamento de prototipagem rápida pode viabilizar o desenvolvimento de atividades, individuais ou em grupo, que estimulem a produção, dos mais variados, modelos e moldes de fundição para serem posteriormente fabricados no laboratório de fundição. A didática pode estimular o aluno a utilizar *softwares* de modelagem mais complexos, como *Autodesk Inventor* e *SolidWorks*, ou até mesmo de *softwares* mais simples, como *Tinkercad*, para a produção do modelo ou molde de fundição e posicionamento da(s) entrada(s) de fluido fundido. A Figura 1. apresenta um molde e um modelo de fundição construído a partir de um projeto retirado da biblioteca de modelos *Thingiverse* e disponível no link (<https://www.thingiverse.com/thing:3050834>) e com auxílio da ferramenta *Tinkercad*.

**Figura 1-** Exemplificação da aplicação na fabricação de moldes e modelos.



**Fonte:** Elaborado pelo autor.

A disciplina de usinagem pode ser abordada após a fabricação da peça fundida para retirada de possíveis rebarbas presentes e em alguns casos para realizar o afinamento de dimensões. Metrologia pode ser aplicada com a produção de um relatório dimensional que, além de relatar os resultados obtidos no projeto, instigue o aluno a utilizar equipamentos de medição para averiguação das dimensões da peça fundida fabricada.

Vale ressaltar que a aplicação de moldes impressos é inviável para fundição de metais devido as elevadas temperaturas alcançadas nesse processo. Porém uma analogia ao experimento pode ser realizado com resinas ou materiais, como sabão, que apresenta

uma temperatura de fusão menor e aplicável ao molde impresso.

#### 4.1.2 Scanner 3D

A realização de um projeto que aborde a produção de um *Scanner* 3D, como o apresentado pelo canal *Super Male Something*, disponibilizado pela plataforma *YouTube* no link [https://www.youtube.com/watch?v=-qeD2\\_yK4c](https://www.youtube.com/watch?v=-qeD2_yK4c), pode integrar as disciplinas de cálculo I, álgebra, instrumentação, elementos de máquinas, usinagem e projetos de máquinas. A tecnologia de *Scanner* 3D permite a realização de um modelo matemático através de um sensor de distância eletrônico. A reprodução adequada de uma peça, com dimensões desconhecidas, é muito aplicável na engenharia reversa, abordada pela disciplina de projetos de máquinas, que pode ser envolvida ainda na fabricação do equipamento, com as disciplinas de elementos de máquina e usinagem, para fabricação de uma máquina com características dimensionais, como passo da rosca utilizada no parafuso que eleva o sensor, adequadas para o funcionamento do equipamento. A disciplina de Instrumentação se envolve nas partes eletrônicas utilizadas para o funcionamento do *scanner* 3D e com a realização de análise dos dados obtidos. Por fim, as disciplinas de Álgebra e Cálculo 1 se beneficiam com a leitura dos dados, puramente matemáticos, que necessitam de um determinado refinamento e análise numérica possíveis de serem feitas no *software* Matlab.

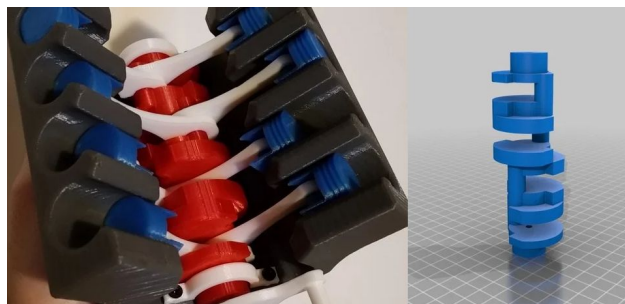
#### 4.1.3 Redutor de velocidade

Envolvendo as disciplinas de mecanismos, elementos de máquinas, desenho técnico II e dinâmica a reprodução de um redutor de velocidade é uma possibilidade de projeto a ser realizado com a utilização da tecnologia de prototipagem rápida. Redutores de velocidades são elementos mecânicos, muito utilizados em mecânica veicular, que utilizam de engrenagens para realizar a redução da transmissão. Dentro do projeto a disciplina de dinâmica se faz útil na análise do movimento e da reação desse movimento nas engrenagens. Elementos de máquinas e mecanismos podem ser abordadas juntas no dimensionamento de diferentes engrenagens resultando em diferentes relações de transmissão. A disciplina de desenho técnico II se envolve na realização de modelos virtuais, com auxílio de *softwares* como *Solidworks* e *Autodesk Inventor*, para possível produção pela impressora 3D. Valendo a pena ressaltar que o tempo estimado para produção de um par de engrenagens, pelo software Repetier, é de menos de 1 hora. Ainda, o *software* de simulação com auxílio de estruturas de suporte, permite o agrupamento de várias engrenagens em colunas, permitindo a fabricação de um grande número de engrenagens, com diferentes dimensões, simultaneamente.

#### 4.1.4 Reprodução de máquinas térmicas

O equipamento de prototipagem rápida pode viabilizar a produção de vistas, com corte, de modelos de máquinas térmicas em escala reduzida, como apresentado na Figura 2. A imagem apresentada é retirada da biblioteca de modelo *Thingiverse* e representa, respectivamente, a vista explodida de um motor V8 e a árvore de cames utilizada no projeto.

**Figura 2-** Exemplificação da aplicação na reprodução de máquinas térmicas.



Fonte: <https://www.thingiverse.com/thing:1195361>

O desenvolvimento desse projeto pode envolver a disciplina de mecanismo no dimensionamento de diferentes sistemas de bielas, manivelas e cames. Disciplinas de Maquinas Térmicas e termodinâmica se beneficiam com a possibilidade de realizar uma demonstração para os alunos do movimento dos pistões durante os ciclos termodinâmicos envolvidos. Ainda é possível realizar um estudo com base na dinâmica que envolve as velocidades de pistão, biela e manivela.

#### 4.1.5 Túnel de vento

Túnel de vento é um equipamento, normalmente com um elevado custo e utilizado pelas indústrias, automobilísticas e aeronáuticas, para identificar os efeitos e influência do escoamento de ar durante o descolamento de um determinado veículo. Estudos com túnel de vento permitem um estudo mais amplo dos coeficientes de arrasto e sustentação, estudados pelas disciplinas de mecânica dos fluidos. Nesse projeto, o equipamento de prototipagem rápida, com auxílio da disciplina de máquinas de fluidos, pode ser utilizado para fabricação de um modelo em escala dos equipamentos utilizados a nível industrial. A disciplina de máquinas de fluxos se vê necessária para dimensionamento de pás, para serem utilizadas no ventilador do equipamento, com características adequadas para realização das análises. Também, se enxerga nesse projeto, a aplicação da disciplina de instrumentação industrial para lidar com as questões eletrônicas do equipamento e da disciplina de desenho técnico II na produção dos desenhos, para fabricação e análise no equipamento. Nesse projeto o equipamento de prototipagem rápida pode ser útil tanto na fabricação de peças com dimensões específicas para montagem do túnel de vento como, por exemplo, pás do ventilador, estruturas de sustentação e de apoio, quanto na fabricação de modelos, em escala reduzida, para realização de análise no equipamento. A Figura 3. apresenta, respectivamente, uma imagem que representa a simulação real de um avião, modelo Embraer Kc-390, que poderia ser utilizado para análise em um túnel de vento reproduzido em escala.

**Figura 3-** Exemplificação da aplicação em túnel de vento



Fontes: <https://www.youtube.com/watch?v=Mg1qSVtFQaA>.

<https://www.thingiverse.com/thing:3727455>.

#### 4.2 Disciplinas envolvidas Indiretamente

É importante ressaltar que algumas disciplinas, mesmo que não envolvidas diretamente com os projetos, podem ser aproveitadas indiretamente. Podemos mencionar como disciplinas envolvidas indiretamente e como são envolvidas: i) inglês aplicado a engenharia, se envolvendo na busca por artigos e projetos de novas tecnologias, muitas vezes disponibilizados apenas em inglês; ii) português e metodologia científica, com a confecção de relatórios e artigos que descrevam as experiências vivenciadas no projeto; iii) sistemas de qualidade, com a aplicação de ferramentas de gestão de tempo e pessoal na realização do projeto.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O equipamento de prototipagem rápida se mostrou uma excelente ferramenta, para realização de práticas multidisciplinares, pois permite o desenvolvimento de diversas atividades multidisciplinares que estimulam o aluno no processo de construção do conhecimento. Suas principais vantagens para aplicações multidisciplinares se dá pela rápida produção de peças com elevado grau de detalhamento e oferecendo uma simulação detalhada, por parte do software de fatiamento. A implementação das atividades sugeridas, ou similares as apresentadas, requer uma mudança de postura tanto por parte do discente quanto da parte do docente, sendo fundamental definir quais os deveres de cada uma das partes durante a realização da atividade. Tornando, com isso, necessária uma análise minuciosa das formas de implementação das atividades e das possíveis mudanças a serem feitas na estrutura do curso, sem interferir, negativamente, nas diretrizes do curso e na formação dos discentes.

## REFERÊNCIAS

GIORDANO, C. M.; ZANCUL, E. de S.; RODRIGUES, V. P. **Análise dos custos da produção por manufatura aditiva em comparação a métodos convencionais**. Revista científica eletrônica de engenharia de produção, v. 16, n. 2, p.499-523, 2016. Disponível em: <https://producaoonline.org.br/rpo/article/view/1963>. Acesso em: 25 dez. 2018.

VIANNA, M. et al. **Design Thinking**: inovação em negócios. Rio de Janeiro/RJ: MJV Press, 2012.

JÚNIOR, A. C. **Engenharia Reversa**. 2005. 14f. Dissertação (Graduação de Ciências da Computação) – UFF, RJ, 2005.

WEN, C. L. **Homem virtual (ser humano virtual 3D)**: A integração da computação gráfica, impressão 3D e realidade virtual para aprendizado de anatomia, fisiologia e fisiopatologia. Grad, n.1, v.1, p.7-15, 2016. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/gradmais/article/view/117669>. Acesso em 29 dez. 2018.

BAGLIOTTI, I. R.; GASPAROTTO, A. **O processo de produção de uma impressora 3D de**



**baixo custo reprop com tecnologia fused filament fabrication.** Revista Interface Tecnológica, n.1, v.14, p. 169-183. 2017. Disponível em: <https://revista.fatectq.edu.br/index.php/interfacetecnologica/article/view/132>. Acesso em 29 de dez.

REPETIER. **Tutorials.** Disponível em: <https://www.repetier.com/tutorials>. Acesso em: 12 dez. 2018.

SANTANA, A. L. M. et al. Lite Maker: **Um Fab Lab Móvel para Aplicação de Atividades Mão na Massa com Estudantes de Ensino Básico.** V Congresso Brasileiro de Informática na Educação, Itajai, Santa Catarina, Brasil. Anais [XXII Workshop de Informática na Escola] Itají 2016. Disponível em <http://www.br-ie.org/pub/index.php/wie/article/view/6639>. Brasil 2016. Acesso em 13 jan. 2019.

SILVA, S. M.; SIPLE, I. Z.; FIGUEIREDO, E. B. de. **Uso da Impressora 3D no Ensino da Matemática.** XXVII Seminário de Iniciação Científica Universidade do Estado de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil. Anais [...] Florianópolis 2017. Disponível em [https://www.udesc.br/arquivos/udesc/id\\_cpmenu/6221/113\\_15035724780688\\_6221.pdf](https://www.udesc.br/arquivos/udesc/id_cpmenu/6221/113_15035724780688_6221.pdf). Brasil 2017. Acesso em 12 jan. 2019.