



## **ESTUDO DE UM SISTEMA DE CONSTRUÇÃO DE PROTÓTIPOS ATRAVÉS DE UMA IMPRESSORA DE MODELOS TRIDIMENSIONAIS**

**Wuigor Ivens Siqueira Bine** – wuigor@hotmail.com

UniCesumar – Engenharia Elétrica

Rua Osvaldo Cruz, 170

87020-200 – Maringá – Paraná

**Arquimedes Luciano** – arquimedes.luciano@hotmail.com

UniCesumar - Engenharia Elétrica

Rua Francisco Glicério, 856

87030-050 – Maringá – Paraná

**Resumo:** *A popularização da impressora 3D vem aumentando nos últimos anos junto com sua grande contribuição em diversos campos, como por exemplo, na área de ensino de robótica. Assim, têm-se como objetivo construir uma impressora de modelos tridimensionais para impressão de peças que serão utilizadas como auxílio na aprendizagem de robótica, proporcionando ao aluno uma forma de aprendizagem diferente do modo tradicional, aumentando o interesse e melhorando seu modo de compreensão de mundo. Utilizando como referência a impressora Prusa Mendel, juntamente com a utilização de firmwares e hardware de código aberto, foi construída uma impressora de modelos tridimensionais, obtendo como resultado final, peças para construção de robôs.*

**Palavras-chave:** *Impressora 3D, Modelos Tridimensionais, robótica, educação.*

### **1 INTRODUÇÃO**

A popularização das impressoras 3D vem se alavancando ao longo dos anos, é possível encontrá-las facilmente no mercado ou ainda se deparar com open hardware para sua construção. Essas impressoras surgiram de um conceito denominado RP (*Rapid Prototyping*) ou prototipagem rápida, que são um conjunto de técnicas utilizadas para fabricar um modelo tridimensional a partir de um desenho.

A prototipagem rápida é o nome mais comum dado às tecnologias correlatas que são usadas para fabricar objetos físicos diretamente de um arquivo digital tridimensional produzido em CAD. São métodos desenvolvidos originalmente para a produção de protótipos, rapidamente, reduzindo o tempo de produção enquanto a qualidade é melhorada e os custos reduzidos (SAURA, 2003).

Segundo Somiya (2013), Carl Deckard pesquisador na Universidade do Texas, apresentou uma ideia revolucionária, onde um modelo 3D deveria ser construído camada por camada. Dessa forma ele construiu protótipos tridimensionais usando laser para fundir o pó



metálico em formas sólidas, fazendo uma camada por vez. Chamou-se essa técnica de SLS (*Selective Laser Sintering*), que ao passar dos anos se modificou para utilização de termoplásticos, permitindo o desenrolar de um caminho para o surgimento de impressoras 3D.

Existem diversas tecnologias para o desenvolvimento de impressoras 3D, sendo que todas seguem o princípio de construção do modelo em camadas. Atualmente as impressoras pessoais que têm apresentado um mercado crescente utilizam a técnica de FDM (*Fused Deposition Modelling*) pelo seu custo e benefício. Nesta, o material utilizado se funde dentro de uma cabeça de impressão e segue no processo de extrusão, tornando o material quase líquido formando desta forma um fino cordão que é depositado sobre uma plataforma semiaderente ao material, formando nesta a primeira camada. Conforme o bico de extrusão é elevado a altura a cada camada seguinte, os cordões depositados anteriormente vão se solidificando na plataforma e consecutivamente em cima dos cordões depositados inicialmente nas camadas anteriores, fazendo com que o objeto mantenha sua forma até a conclusão da impressão.

De acordo com 3D Printing Industry (2014), os materiais disponíveis para impressão 3D já percorreram um longo caminho desde o surgimento desta tecnologia. Existe atualmente uma ampla variedade de materiais que são possíveis ser utilizados em diferentes estados como em pó, filamento, pellets, grânulos, resina entre outros encontrados. O material mais popular utilizado para esse método é o termoplástico do tipo ABS (*Acrilonitrilo Butadieno Estireno*) ou PLA (*Polylactic Acid*), são filamentos que possuem um menor custo no mercado. Sua precisão é variável, conforme a espessura do filamento utilizado para impressão podendo chegar até 0.1mm.

Suas aplicações são incontáveis, pois tudo depende da criatividade de quem está projetando um objeto 3D. Conseqüentemente o emprego das impressoras de modelos tridimensionais é possível proporcionar, desde a concepção à produção, novas possibilidades para atividades de aprendizagem como o ensino de robótica.

Com o emprego da robótica como ferramental educacional, instigamos os alunos, visualizarem novos horizontes imaginativos, proporcionando níveis superiores de associação e compreensão (LUCIANO, 2014).

Quando os alunos se deparam com a robótica, se sentem livres para poderem criar e expor suas ideias e criatividade. Desse modo, o emprego da impressora 3D passa facilitar e auxiliar no desenvolvimento de peças robóticas, ou no desenvolvendo de kits completos para o aprendizado de robótica. Pois a grande maioria das instituições não possuem ou possuem pequenas quantidades equipamentos para o ensino de robótica, tornando seu uso restrito devido ao custo.

Normalmente, os alunos não estão autorizados a manipular objetos frágeis, como fosséis e outros artefatos. Com a utilização do processo de prototipagem rápida como ferramenta de produção em impressoras 3D, é obtido modelos tridimensionais que proporcionara ao usuário a capacidade de poder tocar, segurar, e até mesmo levar para casa um modelo idêntico ao original (JOHNSON, 2013).

Segundo Kim, Kim e Choi (2009), o futebol de robô vem sendo adotado como ferramenta educacional no ensino de robótica. Embora existam kits robóticos para o ensino, o futebol de robô se torna mais atrativo ao aluno pelo seu objetivo final proposto.

Segundo Saletta (2016), a impressão 3D e os processos de fabricação de aditivos em geral, fizeram muitos avanços nos últimos anos. A NASA chegou a enviar uma impressora 3D para a estação espacial internacional com objetivo de testar seu funcionamento em microgravidade, realizando impressão de pequenos protótipos para testes, visando que futuramente espera fazer a mineração de asteroides para produção de objetos através da

Organização



Promoção





impressão 3D.

Podemos observar o grande potencial que a impressora 3D pode proporcionar, desde seu uso para impressão de peças para ensino de robótica a uma infinidade de possibilidades, assim o presente projeto tem como alvo a construção de uma impressora de modelos tridimensionais para impressão de peças robóticas, levantando a seguinte questão: Como compreender e elaborar uma impressora de protótipos de modelos tridimensionais? Com a utilização de uma impressora tridimensional já comercializáveis é possível realizar impressão de peças projetadas para o desenvolvimento de uma nova impressora 3D, dessa forma diminuindo seu custo com usinagem de peças. Além da utilização de plataformas *Open-Source* (Código Aberto), que possibilita sua criação de maneira mais ágil. Assim, possibilitando a sua construção para o emprego na área de impressão de peças voltadas ao ensino de robótica educacional, juntamente com futuras pesquisas.

Na segunda seção será tratado o princípio básico de funcionamento de uma impressora de modelos tridimensionais, sendo comentado os materiais utilizados para impressão e o ponto de partida para uma impressão 3D. Em seguida é apresentado a utilização da impressora 3D para o ensino de robótica e como a utilização da impressora pode auxiliar no aprendizado.

A terceira seção citamos as tecnologias existentes para impressão de modelos tridimensionais e discorremos sobre a tecnologia utilizada para construção da impressora 3D, em seguida adentramos na construção da mesma.

Por fim, apresentamos na quarta seção os resultados obtidos com as impressões de peças para auxílio no aprendizado de robótica.

## 2 IMPRESSORA 3D

Se pararmos e olharmos ao nosso redor perceberemos como a tecnologia está presente em nosso cotidiano, quantos dispositivos tecnológicos estão em nossa proximidade. Podemos ver como essas tecnologias têm permitido mudar comportamentos em nossas vidas, de milhares de formas, abrindo novos caminhos e possibilidades de invenções. Analisando veremos que geralmente leva tempo para que essas tecnologias se desenvolvam. Muitos pesquisadores acabam se deparando com um grande problema na hora de colocar seu projeto em prática por falta de recursos ou dificuldade na hora da criação do mesmo. Nesse conceito é que surgem as impressoras tridimensionais com a funcionalidade de facilitar a criação de projetos e peças de uma maneira mais rápida e econômica, permitindo que a prototipagem seja acelerada.

O princípio mais básico por trás de uma impressão 3D é um processo de manufatura que através de um aditivo é capaz de produzir peças, objetos e tudo que sua imaginação possibilitar. Os processos automatizados, tais como usinagem, fundição, formação de molde são todos processos complexos que exigem máquinas, computadores e robôs tecnológicos, mais com esta tecnologia não serão mais necessárias. A impressora 3D realiza um processo de criação de modelos tridimensionais por adição de material (nylon, plástico, cerâmica, metal) de camada por camada com uma variedade de maneiras dependendo da tecnologia empregada. Dessa forma ela é uma tecnologia que encoraja e impulsiona a inovação de projetos além de possibilitar a criação de recursos complexos sem custos extras. O ponto de partida para sua impressão é desenhar seu projeto em um software 3D, dentro das indústrias são chamados de CAD 3D. O modelo desenhado é então fatiado em várias camadas de forma que vire um arquivo legível pela impressora 3D, possibilitando a realização da impressão.



## 2.1 Impressora 3D para ensino de robótica

A robótica educacional possibilita ao estudante tomar conhecimento da tecnologia atual, desenvolver habilidades e competências, como: trabalho de pesquisa, a capacidade crítica, o senso de saber contornar as dificuldades na resolução de problemas e o desenvolvimento do raciocínio lógico (ZILLI, 2004). Nesse contexto adentramos no conceito de desenvolvimento de uma impressora 3D para fabricação de peças para utilização no ensino.

Segundo Saleiro et al. (2013), os professores podem parar de agir como uma autoridade intelectual que transfere o conhecimento pronto para os discentes, mas sim atuar como um organizador, coordenador ou facilitador de aprendizagem para os alunos, aumentando as questões e problemas a serem resolvidos. Juntamente oferecendo as ferramentas necessárias para os alunos desenvolverem a criatividade, a imaginação e a independência.

Os assuntos envolvidos com a robótica despertam a curiosidade em geral, pois são assuntos que ao mesmo tempo são próximos dos alunos pelos dispositivos eletrônicos e autômatos encontrados com facilidade no cotidiano dos mesmos, porém, é um tópico distante, pois é desconhecido, por parte dos alunos, o seu funcionamento (LUCIANO, 2014).

Com a integração de uma impressora de modelos tridimensionais, nesse âmbito é possível instigar a criatividade do aluno e abrir novas linhas de pensamentos. O aluno não ficará mais limitado a kits de ensino, torna-se possível uma ilimitada gama de invenções. Como desenvolver seus próprios robôs ou aperfeiçoar robôs existentes, aumentando a dificuldade do mesmo no aprendizado de robótica. Da mesma forma podendo influenciá-lo a participação em feiras de ciências e tecnologias.

Segundo Leopoldo, Fuentes-Dura e Perry (2016), uma das consequências da impressão 3D é que a comunidade da robótica tem a oportunidade de atingir um público muito mais amplo. Hoje em dia é um processo relativamente simples realizar download de vários tipos de modelos de robôs imprimíveis de acesso livre. Os autores afirmam que estes pequenos robôs são muito mais do que simples brinquedos, eles podem ser usados de diferentes maneiras como ferramentas poderosas educacionais para os estudos de física, química, robótica, engenharia e na área medicinal.

## 3 TECNOLOGIA E MODELO DE IMPRESSÃO

A tecnologia de impressoras tridimensionais vem passando por um grande avanço, vários tipos de tecnologia e métodos foram aplicados para diferentes tipos de materiais que se desejava utilizar. Alguns tipos de tecnologias empregadas na impressão de protótipos de modelos tridimensionais são: FDM, SLS, DLP (Digital Light Processing), SDL (Selective Deposition Lamination), EBM (Electron Beam Melting), entre outras encontradas. Todas elas possuem suas vantagens e desvantagens. A tecnologia escolhida para o desenvolvimento da impressora 3D do presente projeto foi a FDM, pelo fato de possuir a viabilidade econômica e fácil encontro de peças para sua construção, além de ser atualmente a tecnologia mais empregada em impressoras tridimensionais, tanto domésticas quanto industriais.

FDM usa filamentos de plástico (ABS, PLA, Nylon) que passa pelo bico extrusor aquecido, sendo depositado na base da impressora fazendo esse processo camada a camada dando forma ao objeto que está sendo impresso. É uma tecnologia simples de usar e se adequa em ambientes domésticos e escritórios. Utiliza-se os mesmos termoplásticos usados e testados nos processos da manufatura tradicionais, para aplicações que demandam tolerâncias, resistência e estabilidade ambiental exigentes. As geometrias complexas e cavidades que

Organização



**UDESC**  
UNIVERSIDADE  
DO ESTADO DE  
SANTA CATARINA



Promoção







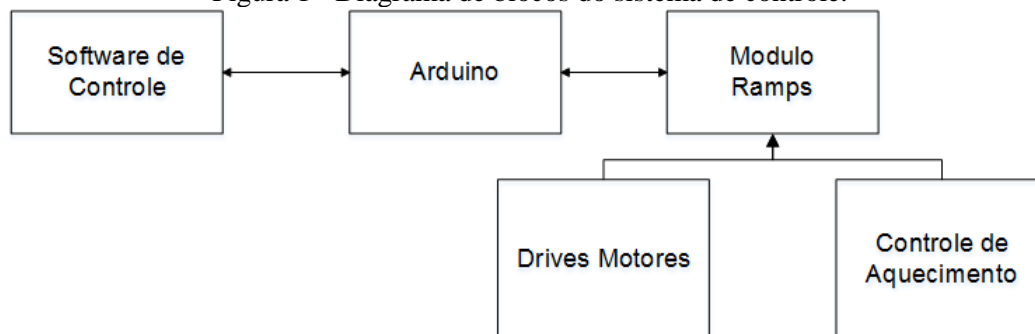
seriam problemáticas tornam-se práticas com a tecnologia FDM.

De acordo com TECHPAGE (2014), impressoras FDM são mais lentas do que a impressão SLS e SLA. Possuem firmware de código aberto, tanto no software quanto no hardware, podendo usar assim hardwares como Arduino, Sanguinololu, entre outros. O projeto se concentra na construção de uma impressora 3D baseada no modelo de impressora Prusa Mendel desenvolvida pela RepRap.

A RepRap foi a primeira impressora 3D de baixo custo, levando a revolução de impressora 3D de código aberto. Seu objetivo é construir máquinas auto-replicantes, disponibilizando seus projetos de forma gratuita a todos (REPRAP, 2017). Onde essas máquinas desenvolvidas utilizam a plataforma Arduino para controlar seu sistema eletrônico.

O Arduino é uma plataforma de prototipagem. São muito utilizadas para o aprendizado de robótica. Com a utilização desta plataforma é possível realizar a montagens de robôs ou de qualquer outro projeto de forma ágil e eficaz. Com a popularidade do Arduino, surgiram uma infinidade de bibliotecas e firmware disponibilizadas na web que agilizarão o desenvolvimento de projetos complexos e juntamente auxiliam no aprendizado de eletrônica e programação. Assim foi utilizado um Arduino Mega e um módulo RAMPs, onde são acoplados os drivers para controle dos motores e também o controle de temperatura do bico de impressão. Foi empregado no Arduino o firmware chamado Marlin para realizar o controle de todas as ações da impressora. Observamos na Figura 1, como foi implementado o sistema de controle da impressora.

Figura 1 - Diagrama de blocos do sistema de controle.



### 3.1 Metodologia e construção da impressora 3D

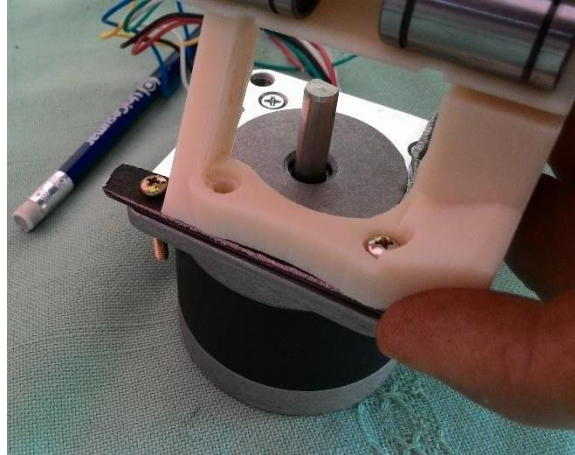
Com o intuito de atingir os objetivos propostos neste trabalho, após realizar a revisão bibliográfica, estabelecemos as características principais do modelo de impressora a ser construída. Assim, consideramos estudar e construir o modelo padronizado pela RepRap, devido à grande quantidade de informações coletadas, bem como a relação custo benefício.

A construção da impressora teve início definindo suas dimensões para que posteriormente fosse definido os elementos mecânicos utilizados. Como auxílio no processo de montagem foi adotado os passos propostos pela RepRap, disponível em seu próprio site. Assim foi iniciado o processo de montagem.

Foi necessário realizar adaptações nas peças onde são encaixados e parafusados os motores, pelo fato de utilizarmos motores Nema 23 que possuem dimensões maiores que o Nema 17 propostos pelo RepRap. Desse modo foi fabricado um suporte de ferro para parafusar o motor no suporte e assim parafusar a peça ao suporte, conforme mostra a Figura 2.



Figura 2 – Suporte para encaixa dos motores.



Com todos os motores fixados em suas devidas peças, foi finalizado o processo de montagem estrutural.

Nos primeiros testes nos deparamos com a necessidade de ter ventilação forçada nos dissipadores de calor do bico de impressão. Observamos no primeiro teste, quando o bico estava aquecido, após um tempo sem realizar extrusão do filamento, o mesmo não realizava mais extrusão, pois o filamento contido dentro do bico extrusor se tornava extremamente mole, fazendo com que a tração da extrusora o impulsione para cima e não de modo inverso.

Para realização de movimentos precisos do bico de impressão, foi necessário realizar a calibragem dos motores dentro do firmware do Arduino.

Segundo RepRap (2017), a não calibragem dos motores ocasionará uma pilha de bagunça de plásticos no momento da impressão. Esse ajuste faz com que os motores se movam na distância correta toda vez que são instruídos a se mover. Assim o autor propõe a utilização da Equação (1), para calibragem dos motores dos eixos x e y.

$$X \text{ steps} = Y \text{ steps} = \frac{\text{Steps} \cdot \text{Microstepping}^{-1}}{\text{BeltPitch} \cdot \text{PulleyTeeth}} \text{ [mm]} \quad (1)$$

Para calibração do eixo z, utiliza-se a Equação (2).

$$Z \text{ steps} = \frac{\text{Steps} \cdot \text{Microstepping}^{-1}}{Z_d} \text{ [mm]} \quad (2)$$

Para calibração da extrusora, utiliza-se a Equação (3).

$$E \text{ steps} = \frac{\text{Steps} \cdot \text{Microstepping}^{-1} \cdot \text{ERatio}}{\pi \cdot \text{BoltDiameter}} \text{ [mm]} \quad (3)$$



Onde:

Steps: Número de passos do motor.

Microstepping: Relação de micros passos do driver utilizado.

BeltPitch: Distância entres os dentes da correia em milímetros.

PulleyTeeth: Números de dentes contidos na polia.

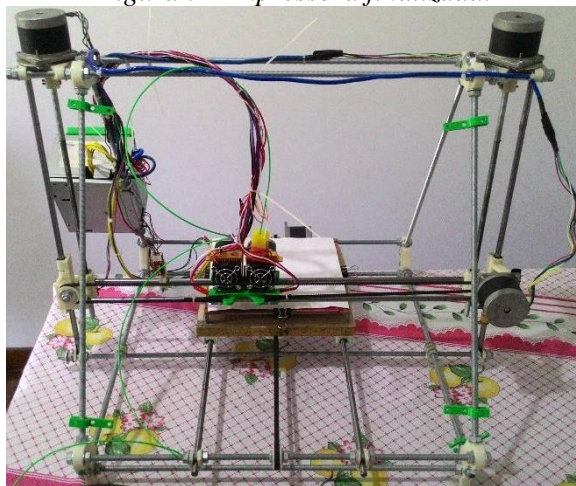
Z<sub>d</sub>: Distância de rosca da haste do eixo z.

ERatio: Relação de engrenagens da extrusora.

BoltDiameter: Diâmetro do parafuso de tração da extrusora.

Na Figura 3, vemos a impressora finalizada com todas as peças montadas e todos os ajustes e calibrações necessárias realizadas. Assim, foi dado início o processo de impressão da primeira peça para fins de testes.

*Figura 3 - Impressora finalizada.*



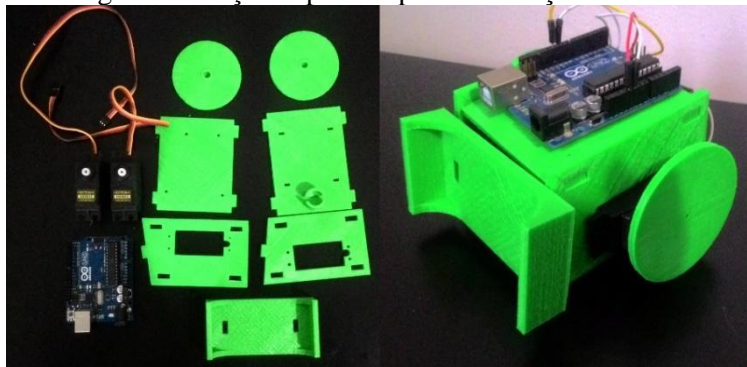
#### 4 RESULTADOS E CONCLUSÕES

Há inúmeras áreas para utilização da impressora 3D. No entanto, uma das áreas que vem se destacando é no meio educacional, onde esse sistema desperta interesse dos alunos e os ajudam desenvolverem sua capacidade em resolução de problemas complexos, compreensão e entendimento do item em estudo. Pode ser utilizada para impressão de réplicas de órgãos humanos para estudo de anatomia, para construções de maquetes para ensino do sistema solar ou impressões de peças para o aprendizado de robótica. Nesse contexto, o presente projeto tem como objetivo a construção de uma impressora de modelos tridimensionais para fins de impressão de peças para o aprendizado de robótica.

Os resultados obtidos foram de êxito, sendo impresso peças para montagem de um robô, Figura 4, que possui funções básicas para introdução a robótica. Onde o mesmo pode ser utilizado em competições de futebol de robô. O modelo de robô foi escolhido devido a sua facilidade de montagem, após sua impressão, onde as peças possuem encaixes que facilitam sua construção. Esse modelo de robô propõe instigar o interesse do aluno, não somente pelo fato do interesse de aprender robótica, mas também de poder utilizá-lo para competir em um jogo com seus colegas, após o término de sua construção. Em trabalhos futuros será possível comprovar a eficiência do modelo robótico escolhido para o auxílio do ensino da robótica, através de sua utilização em aulas práticas.



Figura 4 – Peças impressas para construção do robô.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

3D PRINTING INDUSTRY. **3D Printing Basics**. 2014. Disponível em: <<http://3dprintingindustry.com/3d-printing-basics-free-beginners-guide/>>. Acesso em: 03 fev. 2017

JOHNSON, L. et al. **Technology Outlook for STEM+ Education 2013-2018: An NMC Horizon Project Sector Analysis**. Austin, Texas: The New Media Consortium, 2013.

KIM, Jong-hwan; KIM, Ye-hoon; CHOI, Seung-hwan. Evolutionary multi-objective optimization in robot soccer system for education. **Ieee Computational Intelligence Magazine**, [s.l.], v. 4, n. 1, p.31-41, fev. 2009.

LEOPOLDO, Armesto; FUENTES-DURA, Pedro; PERRY, David. Low-cost Printable Robots in Education. **Journal Of Intelligent & Robotic Systems**. São Paulo, p. 5-24. jan. 2016.

LUCIANO, Ana Paula Giacomassi. **A UTILIZAÇÃO DA ROBÓTICA EDUCACIONAL COM A PLATAFORMA ARDUINO: UMA CONTRIBUIÇÃO PARA O ENSINO DE FÍSICA**. 2014. 151 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Física, Centro de Ciências Exatas, UEM - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2014.

REPRAP. **RepRap - Prusa Mendel**. 2017. Disponível em: <<http://www.reprap.org>>. Acesso em: 17 fev. 2017.

SALEIRO, Mário et al. A low-cost classroom-oriented educational robotics system. In: **Social Robotics**. Springer International Publishing, 2013. p. 74-83.

SALETTA, Morgan. **Want to build a moon base? Easy - just print it**. 2016. Disponível em: <<https://phys.org/pdf382688724.pdf>>. Acesso em: 01 mar. 2017.

SAURA, C., “**Aplicação da prototipagem rápida na melhoria do processo de desenvolvimento de produtos em pequenas e médias empresas**”, dissertation, Dept. Mech Eng., State University of São Paulo, UNICAMP, Campinas, Brazil, 2003.

SOMIYA, Shigeyuki (Ed.). **Handbook of Advanced Ceramics: Materials, Applications**,

Organização



**UDESC**  
UNIVERSIDADE  
DO ESTADO DE  
SANTA CATARINA



Promoção







Processing, and Properties. 2. ed. Academic Press, 2013.

TECHPAGE. **Types of 3D printers and Their Uses**. 2014. Disponível em: <<http://techpage.hubpages.com/hub/The-Many-Uses-of-3D-Printers>>. Acesso em: 21 abr. 2017.

ZILLI, Silvana do Rocio. **A Robótica Educacional no Ensino Fundamental: Perspectivas e Prática**. 2004. 89 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis.

## **STUDY OF A PROTOTYPES CONSTRUCTION SYSTEM THROUGH A PRINTER OF MODELS 3D**

**Abstract:** *The popularization of the 3D printer has been increasing in recent years along with its great contribution in several fields, such as in the field of robotics teaching. Thus, the objective is to construct a printer of three-dimensional models for the printing of pieces that will be used as aid in the learning of robotics, giving to the student a form of learning different from the traditional way, increasing the interest and improving his way of understanding of world. Using the Prusa Mendel printer as a reference, along with the use of firmwares and open source hardware, a three-dimensional model printer was built, resulting in robot parts.*

**Key-words:** *3D printer, Three-dimensional models, Robotics, Education.*

Organização



**UDESC**  
UNIVERSIDADE  
DO ESTADO DE  
SANTA CATARINA



**UNISOCIESC**  
Educação e Tecnologia

Promoção



**ABENGE**  
Associação Brasileira de Educação em Engenharia