

UNESP
Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá

SOFTWARES LIVRES E PROTOTIPAGEM RÁPIDA
APLICADOS NA ENGENHARIA

Guaratinguetá
2011

ALAN PEREIRA SUTO

SOFTWARES LIVRES E PROTOTIPAGEM RÁPIDA
APLICADOS NA ENGENHARIA

Trabalho de Graduação apresentado à Faculdade
de Engenharia do Campus de Guaratinguetá,
Universidade Estadual Paulista, para a
obtenção do título de Engenheiro Mecânico.

Orientador: Prof. Dr. Víctor Orlando Gamarra Rosado

Guaratinguetá
2011

S966s Suto, Alan Pereira
Softwares livres e prototipagem rápida aplicados na engenharia / Alan Pereira Suto – Guaratinguetá : [s.n], 2011.
51 f : il.
Bibliografia: f. 50-51

Trabalho de Graduação em Engenharia Mecânica – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2011.
Orientador: Prof. Dr. Víctor Orlando Gamarra Rosado

1. Software livre 2. Prototipagem rápida I. Título

CDU 681.3.06

SOFTWARES LIVRES E PROTOTIPAGEM RÁPIDA APLICADOS NA
ENGENHARIA

ALAN PEREIRA SUTO

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO
COMO PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE
GRADUADO EM ENGENHARIA MECÂNICA

APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO
DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

Prof. Dr. Mauro Hugo Mathias
Coordenador

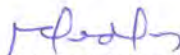
BANCA EXAMINADORA:



Prof. Dr. VICTOR ORLANDO GAMARRA ROSADO
Orientador/UNESP-FEG



Prof. Dr. JOÃO ZANGRANDI FILHO
UNESP-FEG



Prof. Dr. MAURO PEDRO PERES
UNESP/FEG

Dezembro de 2011

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus, fonte da vida e da graça. Agradeço pela minha vida, minha inteligência, minha família e meus amigos,

aos meus pais Edson e Inizeth, que sempre incentivaram meus estudos, me forneceram sustento para que eu pudesse me dedicar unicamente a faculdade e por sempre me auxiliar quando precisei.

ao meu orientador, Prof. Dr. Víctor Orlando Gamarra Rosado que jamais deixou de me incentivar. Sem a sua orientação, dedicação e auxílio, o estudo aqui apresentado seria praticamente impossível.

aos demais professores com os quais tive contato que me forneceram a chave do conhecimento e permitiram que eu me tornasse a pessoa que sou hoje.

aos funcionários da FEG por serem sempre muito prestativos e nos auxiliarem com o que podiam.

à minha namorada, Aline por me dar apoio durante este trabalho e por me ajudar durante todo o tempo em que estivemos juntos.

aos meus amigos e familiares por me incentivarem a ser sempre melhor e não deixar que a pressão da faculdade viesse a sobrepujar a minha calma.

às empresas que cederam informações valiosas para a criação deste trabalho.

Suto, A.P. **Softwares livres e prototipagem rápida aplicados na engenharia**. 2011, 51 pág., Trabalho de Graduação (Graduação em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2010.

Resumo

Na indústria contemporânea vemos uma crescente necessidade de respostas mais baratas, precisas e rápidas para apresentar soluções e produtos para que seja possível manter a competitividade. Neste meio a inserção de Softwares Livres e Prototipagem Rápida se mostraram ferramentas muito importantes para obtenção dos resultados esperados. Este trabalho, por meio de levantamento de informações, análise de softwares e suas aplicabilidades, busca de ferramentas de prototipagem rápida disponíveis comercialmente irá demonstrar a importância dessas ferramentas e também apresentará possíveis configurações para um espaço destinado a prototipagem rápida dentro da universidade, como proposta de implementação de um laboratório de prototipagem rápida na Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá.

PALAVRAS-CHAVE: Prototipagem Rápida, Softwares Livres, Impressão 3D, Código Aberto.

Suto, A.P. **Open source software and rapid prototyping applied in engineering.** 2011, 51pag., Work degree (graduate in Mechanical Engineering) – College of Engineering Campus Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2010.

Abstract

In modern industry we see a growing need for answers cheaper, accurate and quick to deliver solutions and products to be able to remain competitive. In this way the inclusion of open source software and Rapid Prototyping tools have proven very important to obtain the expected results. This work, through information gathering, analysis software and their applicability, search tools commercially available rapid prototyping will demonstrate the importance of these tools and will also present possible configurations for a space for rapid prototyping within the university, as a proposal to implement a rapid prototyping laboratory at the Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá.

KEYWORDS: Rapid Prototyping, Free Software, 3D Printing, Open Source.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Estereolitografia	29
FIGURA 2 - Fusão por feixe de elétrons	29
FIGURA 3 - Modelagem por Deposição Fundida	30
FIGURA 4 - Sinterização Seletiva a Laser	32
FIGURA 5 - Impressão 3D com jato de tinta	33
FIGURA 6 - Manufatura por deposição de chapas	35
FIGURA 7 - Símbolo de Computadores	40
FIGURA 8 - Símbolo de Máquina de Prototipagem Rápida	40
FIGURA 9 - Lousa / Tela para Projeção	41
FIGURA 10 - 10mx15m (RapMan)	41
FIGURA 11 - 12mx20m (RapMan)	41
FIGURA 12 - RapMan 3.1 3D Printer	42
FIGURA 13 - 10mx15m (BFB-3000)	42
FIGURA 14 - 12mx20m (BFB-3000)	42
FIGURA 15 - BFB-3000 3D Printer	43
FIGURA 16 - Fins Didáticos (V-Flash)	43
FIGURA 17 - Fins de Pesquisa (V-Flash)	43
FIGURA 18 - V-Flash	44
FIGURA 19 - Logo do jogo Halo Reach (Um dos jogos da série Halo)	46
FIGURA 20 - Modelo virtual no jogo	47
FIGURA 21 - Figura finalizada	48

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

3D	-	Tridimensional
BRL	-	Brasileiro
CAD	-	Computer-aided design ou Desenho auxiliado por computador
FEG	-	Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá
GNU	-	Projeto com o objetivo de criar um sistema operacional totalmente livre
m	-	Metros
mm	-	Milímetros
NASA	-	National Aeronautics and Space Administration ou Agência Espacial Americana
Office	-	Pacote de softwares destinado a suprir necessidades de um escritório
R\$	-	Reais (Referente a moeda)
STL	-	Standard Template Library ou Biblioteca Padrão de Gabaritos
XML	-	Extensible Markup Language ou Linguagem Padronizada de Marcação Genérica

SUMÁRIO

1	Introdução	11
1.1	Objetivo	12
1.2	Justificativas	13
1.3	Metodologia	14
2	Softwares Livres	15
2.1	Análise dos Softwares Selecionados	17
2.2	Estudos de caso	23
2.2.1	Prefeitura de Barra de Choça	23
2.2.2	Metrô de São Paulo	24
2.2.3	Governo do Estado do Ceará	24
3	Prototipagem Rápida	26
3.1	Tecnologias de Prototipagem Rápida Disponíveis em São Paulo.....	35
3.1.1	Desktops	35
3.1.2	Grande Porte	37
4	Proposta da sala destinada à prototipagem rápida	39
4.1	Configurações Sugeridas.....	40
5	Estudo de caso geral: McFarlane Toys	46
6	Conclusão	49
	BIBLIOGRAFIA	50

1 INTRODUÇÃO

No mundo atual a tecnologia cresce de forma acelerada, o crescimento leva a uma necessidade constante de formas a viabilizar tal progresso, não importando o campo observado, a tecnologia cada vez mais rápida busca formas de suprir necessidades que não antes conseguidas, indiferente a sua natureza, fazendo com que a tecnologia desenvolvida cada vez em menos tempo torna-se antiquada comparada às constantes inovações fechando desta forma um ciclo.

Tal progresso acaba por impactar diretamente a vida das pessoas não importando qual a sua profissão, seja o professor com a necessidade de atualização constante e cada vez mais acelerada para poder fazer-se uso das ferramentas de ensino que lhe são dispostas, seja o vendedor tendo que lidar com mais e mais informações sobre seus produtos. A cada segundo a tecnologia continua a progredir, isso nos é expostos de diversas formas, mais comumente através de jornais e outros meios de comunicação, mesmo fora de nossa percepção acabamos sendo expostos a tais progressos, um exemplo é a indústria automotiva acrescentando constantemente mais acessórios aos carros de forma a disputar com as demais indústrias qual possui um carro mais avançado.

A tecnologia está cada vez mais inserida no cotidiano das pessoas, nos celulares, computadores, carros, televisores, cinema e até mesmo nos transportes públicos. Um exemplo são os bens de consumo associados a tecnologia, sendo substituídos de forma cada vez mais acelerada, visto que mal se passa um semestre do lançamento de um aparelho e já nos deparamos com sua nova versão no mercado, neste contexto o marketing tem como função inserir no consumidor a idéia de necessidade comprar o mais recente, pois é melhor e vai fazendo o mais feliz do que o anterior gerando assim um ciclo vicioso.

A indústria precisa suportar tal progresso da tecnologia e ainda lançar produtos novos tornando-se competitiva aos olhos do cliente, quando não, inovar com os produtos já criados acrescentando acessórios ou aplicativos. A indústria deve ter produções cada vez mais rápidas e mais fáceis de serem modificadas podendo atender a tal situação, porem com a evolução acelerada os métodos atualmente utilizados logo

não serão mais suficientes para suportar estas necessidades.

Neste meio não é cabível pensar em adquirir ferramentas novas a toda menção de alteração do produto ou no processo de fabricação, quanto menos desperdiçar o valioso tempo para lançamento sendo este um fator de competitividade no mercado. Desta forma devemos buscar ferramentas capazes de comportar nossas necessidades sem que as mesmas se tornem um posterior incômodo na indústria.

Sendo assim este trabalho visa apresentar alternativas para ferramentas a serem utilizadas no meio industrial, auxiliando os engenheiros a garantir uma maior competitividade e uma velocidade superior de projeto. Além de possibilitar uma adaptação mais rápida a processos e visualização do seu produto em forma de protótipo, o qual poderá ser usado para análise de defeitos, aprimoramentos no projeto inicial e como base do produto que será disposto no mercado.

Neste contexto se inserem os softwares Open Source ou Código Aberto, estes softwares tem como principal diferencial a possibilidade de alteração da sua programação para adaptá-los às necessidades do usuário. O código fonte do programa é disponibilizado ao público pelo criador e com isso cada usuário através da linguagem correta de programação pode acrescentar ou retirar funções, otimizar as respostas do programa e até modificar o layout para torná-lo mais simples para uso.

Outra ferramenta que se enquadra neste contexto é a prototipagem rápida, este método permite a produção virtual em um curto espaço de tempo de um protótipo do produto e por meio de uma plotadora especial, o protótipo tridimensional, seria impresso em um material adequado. Este protótipo pode ser usado para diversas análises e inclusive como base do produto final. A velocidade dessa ferramenta permite que alterações possam ser feitas no projeto inicial sem muita demora conseguir um novo protótipo para ser exposto.

1.1 Objetivo

O mundo contemporâneo está constantemente em mutação, as necessidades em crescimento acelerado e produtos que cada vez mais necessitam superar limites. Um mundo em progresso constante pede ferramentas que possam atender às mais diversas

metas de uma empresa.

Neste contexto ferramentas como os Softwares livres e Prototipagem Rápida mostram seus princípios muito úteis. Os softwares livres por seus conceitos tornam-se muito mais adaptáveis e financeiramente mais viável dentro de uma empresa, estes possibilitam modificações podendo se adaptar às necessidades de um grupo mostrando-se voltado para cada necessidade para maximizar sua eficiência diante do problema. A prototipagem rápida permite que o modelo seja criado de forma rápida e com isso uma melhor visualização do produto final e assim como de suas características, irregularidades e pontos a serem reformulados, após tais processos o protótipo possibilita a sua utilização a fim de gerar uma base para os moldes do produto acabado.

O estudo de tais ferramentas facilitam e agilizam o processo de criação dos engenheiros, devendo ser aproveitado ao máximo para que a evolução não só da empresa, mas como da tecnologia como um todo possa cada vez mais progredir.

Este trabalho busca analisar alguns softwares livres capazes de ajudar ou substituir os softwares utilizados na engenharia para que com isso o engenheiro tenha acesso a maior número ferramentas, de forma mais barata e passíveis de modificações, para tanto foram selecionados alguns softwares com aplicações diretas a área de engenharia.

Outro objetivo deste trabalho é analisar as tecnologias de prototipagem mais conhecidas e sua disponibilidade. Possuindo tais informações será feita uma seleção com o objetivo de criar uma sala de aula para aplicação do conceito de Prototipagem rápida na faculdade podendo ser utilizada para fins didáticos ou de pesquisa.

1.2 Justificativas

Uma vez que o software livre sendo de livre modificação mostra-se mais adaptável às necessidades o que é atualmente indispensável para todas as empresas, a compreensão do funcionamento destes pode nos levar a maximizar o processo industrial, assumindo um valor inferior por tratar-se de uma ferramenta gratuita, o produto torna-se mais competitivo no mercado. Somado a isso a prototipagem diminui

o tempo de produção para produtos novos diminuindo assim as chances de erros no produto acabado. Estas características garantem um produto que atenderá à demandam, mesmo este mercado estando em desenvolvimento, seu potencial é inegavelmente promissor.

Estes motivos demonstram a viabilidade prática de um software livre como opção para a melhoria das condições de trabalho do engenheiro, bem como o custo de investimento nas ferramentas as quais lhe são necessárias. O uso da Prototipagem rápida como ferramenta de projeto permitirá ao engenheiro se expressar de melhor forma, aumentando a gama de possibilidades para análise preliminar do projeto e formas alternativas a sua conclusão e viabilidade.

1.3 Metodologia

Através de pesquisa em livro e internet, uso dos softwares mais relevantes e busca com fornecedores de impressoras de prototipagem rápida, será possível assimilar várias gamas de possibilidades oferecidas por tais ferramentas assim como quais podem ser implementadas sobre elas, bem como o resultado dos trabalhos desenvolvidos nestes softwares.

Por meio de estudos de casos e análises de softwares será colocado as características que tornam essas ferramentas um diferencial na industria de hoje. Será feita também uma proposta de uma sala de aula para a universidade na qual o tema Prototipagem rápida será melhor explorado e assim exposto aos alunos.

2 SOFTWARES LIVRES

Os Softwares Livres, ou Open Source, apesar de comumente serem confundidos com Software grátis se diferenciam destes por disponibilizar seus códigos fonte para adaptação e modificação livre, desta forma o progresso do software não é uma ação de uma empresa mas sim de milhares de usuários pelo mundo que constantemente modificam e otimizam o software, transmitem suas modificações e geram uma atualização do programa sem que isso necessariamente gere um custo ao usuário seguinte.

Para isso é utilizada como base a GNU General Public License (GNU GPL) que é adotada por grande parte dos Softwares livres, em grande parte devido a sua utilização no projeto GNU e o sistema operacional GNU/Linux. Essa licença teve sua primeira versão publicada em janeiro de 1989, tendo uma atualização em junho de 1991 e sua terceira versão, a GPLv3, publicada em junho de 2007. A GPL está redigida em inglês e nenhuma tradução é aceita pela General Public License devido a possibilidade de inserção de erros provenientes de tradução, deste modo todo qualquer tradução é meramente figurativa.

A GPL baseia-se em 4 liberdades ¹:

- Liberdade nº0 : A liberdade de executar o programa, para qualquer propósito.
- Liberdade nº1 : A liberdade de estudar como o programa funciona e adaptá-lo para as suas necessidades.
- Liberdade nº2: A liberdade de redistribuir cópias de modo que você possa ajudar ao seu próximo.
- Liberdade nº3: A liberdade de aperfeiçoar o programa, e liberar os seus aperfeiçoamentos, de modo que toda a comunidade se beneficie deles.

¹ FREE SOFTWARE FOUNDATION, Washington. 1985 em :<<http://www.fsf.org/>> Aceso em 12 de nov. 2011.

Destas liberdades a 1 e a 3 tem como pré-requisito o acesso ao código-fonte. Desta forma a GPL permite distribuição e reaproveitamentos dos programas, mantendo, porém, os direitos do autor por forma a não permitir que essa informação seja usada de uma maneira a limitar as liberdades originais. Sendo assim o código não pode ser apoderado por outra pessoa e não se pode colocar restrições que impeçam-no de ser distribuído como foi obtido.

No caso dos produtos GNU, os autores de software continuam de posse dos direitos do software e assim podem optar, no futuro, por parar de distribuí-lo sob a licença GNU. O que há de especial com a licença GNU é que ela encoraja o desenvolvimento interativo de aplicativos por muitas pessoas, cada uma fazendo alterações que considera importante ou necessárias e depois redistribuindo o software.

Nesta mesma linha de raciocínio existem sistemas operacionais que também trabalham com código aberto é o caso do GNU/Linux, Ubuntu e outros que também permitem uma adaptação às necessidades do usuário. Estes sistemas e softwares livres tem uma característica não restritiva, ou seja, não é limitado pela marca do Hardware e também não pode obrigar que todos os programas distribuídos na mesma mídia de armazenagem sejam também de código aberto.

Por esses motivos o princípio de Software Livre acaba por gerar diversos problemas, muitos deles causados por empresas como a Microsoft que vêem os Softwares Livres como um problema e os atacam com diversas afirmações, muitas delas errôneas.

A licença não é perfeita, um dos grandes problemas é a ausência de uma cláusula que proteja os desenvolvedores de contribuições inescrupulosas. Por exemplo a incorporação de um projeto que possua direitos autorais ou copyright, violando os termos destes, todos os envolvidos neste projeto, não só a pessoa que se apossou indevidamente dos trabalhos alheios, serão processados por danos ao detentor da patente ou do direito de cópia.

As linguagens de programação mais utilizadas em softwares livres são linguagens de conhecimento mais disseminado como o C++ e o Java, porém há também softwares com linguagens mais específicas e que permitem uma interatividade maior com outros softwares do gênero. Este é o caso do BrOffice, ou LibreOffice, que

usa a linguagem XML em seu processo de arquivagem de texto, o que permite que este seja gravado em formatos que sejam facilmente lidos por softwares como o Microsoft World.

As linguagens mesmo quando não convencionais partem de uma com funcionamento semelhante a outras de maior conhecimento e com isso o aprendizado extra necessário ao programador para poder alterar o código fonte do software é pequeno. Desta forma a possibilidade de adaptação do software livre não é um fator limitante aos poucos conhecedores de uma linguagem específica mas sim um fator que permite àqueles com conhecimento de algumas destas possam usar tal informação adaptada para modificar o mesmo.

Porém, mesmo apresentando diversos pontos a serem melhorados, o conceito de Softwares livres ainda é uma ferramenta que deveria ser melhor explorada nos ambientes de trabalho, além de muitos apresentarem a mesma funcionalidade dos originais e a possibilidade de adaptação sua atratividade financeira e a possibilidade de um suporte técnico de diversas pessoas do globo apresentaria fatores a serem considerados na criação de uma empresa com grande número de computadores. Por este motivo o custo relacionado ao uso de softwares livres são quase nulos, pois até mesmo o suporte técnico é gratuito e mais direcionado.

Os softwares livres unem uma excelente aquisição em termos financeiros a uma possibilidade de adaptação constante e que acompanha o crescimento da empresa e a modificação do produto, sendo assim a sua implantação como substituto de um software pago, antes de sua aquisição, é muito vantajoso para uma empresa. Além disso o uso de softwares livres como complemento para softwares já existentes é também uma ferramenta muito importante para as empresas atuais.

2.1 Análise dos Softwares Selecionados

Neste tópico será tratado dos softwares que foram estudados, foi feito um levantamento dos preços de mercado de seus concorrentes e também uma análise

funcional verificando as condições nas quais os objetos de estudo tem seu uso recomendado.

a) BrOffice (LibreOffice)

Substitui: Pacote Office do Windows

Preço do substituto: de R\$199,00 até R\$1399,00

Compatibilidade com S.O.: Windows, Linux e MacOS-X

O BrOffice, ou LibreOffice no exterior, de forma geral mostra-se um software bem completo e apresentando um grande nível de compatibilidade entre si e para com outros softwares, incluindo aquele que visa substituir, comparado a versão mais completa do Pacote Office da Windows não apresenta uma versão para o Outlook e para o Publisher, porem consegue abranger os demais componentes do mesmo.

Possui uma compatibilidade considerável com os demais Sistemas Operacionais e também permite salvar o arquivo em diversos formatos e não só o formato próprio do software, o permitindo usar tal software para converter arquivos e modificar aspectos do arquivo que não poderia ser feito em seu software de origem.

O BrOffice é sub-divido em Writer, Calc, Impress, Draw, Base e Math, estes serão abordados separadamente a seguir.

a-1) Writer:

O substituto do Microsoft Word apresenta layout semelhante a este e funcionamento muito próximo, apresenta todas as ferramentas indispensáveis a um editor de texto contemporâneo e permite que o usuário atue com o texto de diversas formas, possui os convencionais tipos de formatação, assistentes, autocorreção e completar palavras, permite inserir tabelas, gráficos e figuras inclusive dos outros componentes do software. Além dos formatos convencionais de texto permite salvar nos formatos HTML e PDF.

Por sua fácil utilização ele é recomendável para diversas finalidades, não apresenta grandes dificuldades na adaptação do uso de seu substituto o que permite uma substituição simples e sem prejuízos ao usuário.

a-2) Calc:

O substituto do Microsoft Excel apresenta layout semelhante a este e funcionamento muito próximo deste, apresenta as diversas ferramentas de cálculo necessárias para gerenciar dados e apresentar resultados de forma rápida em tabelas, permite a inserção de novas ferramentas de cálculo para casos mais específicos.

Sua maior diferença fica por conta da criação de gráficos, possuindo uma ligeira diferença em relação ao seu substituto devido a possuir uma sequência de etapas na criação do gráfico, excluindo este fator mostra-se de fácil adaptação e pode ser facilmente inserido como substituto sem prejudicar o trabalho do usuário.

a-3) Impress:

O substituto do Microsoft PowerPoint apresenta layout levemente diferente deste porem com funcionamento muito semelhante ao mesmo. Possui uma interface leve e comportando todas as ferramentas essenciais para uma apresentação usando slides, possui também os efeitos de transição de slides e outros fatores tão explorados por softwares deste gênero e permite a inserção de tabelas de diversos gêneros no próprio slide.

Sua dificuldade fica por conta da conexão de imagens armazenadas no hardware, uma vez esta ficando diretamente conectada ao slide, tal procedimento torna o arquivo mais leve porem o limita no momento do envio para outro computador, para fazer isso sem prejuízos é necessário alterar a forma de inserção da imagem, excluindo este fator é fácil se adaptar a esta ferramenta, uma vez tendo conhecimento sobre seu substituto sendo recomendado para alteração caso as demais ferramentas também sejam implementadas devido a sua interação com estas, em demais situações seu uso é uma opção válida.

a-4) Draw:

Software simples com a função de criar desenhos de complexidade variada, recomendada para esboços e para anotar idéias, sua aplicabilidade principal dentro do

meio da engenharia consiste na criação de fluxogramas e esquemas de formato simples e rápido que não requeiram ferramentas de maior requerimento de memória RAM (como ferramentas de CAD ou de edição de imagem), desta forma aumentando a velocidade do computador.

Possui diversas funções que permitem a criação de diversas figuras que sustentam as necessidades básicas de um esquema inicial de projeto, permite a inserção de figuras pré-definidas que agilizam a criação de esquemas, recomendado para uso não só em conciliação com as demais ferramentas do BrOffice como também para interagir com outros softwares.

a-5) Base:

O substituto do Access apresenta designer leve e funcionamento considerável, permite o controle e gerenciamento de informações de um banco de dados gerando tabelas e gráficos, utilizado para alterações em formulários, consultas e relatórios de forma rápida. Permite a utilização de assistentes como Visão SQL ou Visão de Design.

Devido a sua versatilidade e utilidade mostra-se uma alternativa atraente em relação ao Access, uma vez que este apenas está presente no pacote mais caro do pacote da Windows é uma ferramenta a ser levada em consideração para fundos didáticos e comerciais de pequenas empresas.

a-6) Math:

Software com função de criar formulações matemáticas para uso em outros softwares, dentro do meio da engenharia a apresentação de equações de forma organizada e de visualização clara é mais do que uma condição importante para quem vai ler o arquivo, mas uma necessidade também para aqueles que o criam, uma vez isso permitindo entender melhor o seu trabalho e inclusive agiliza a busca de possíveis falhas.

Possui diversas formas de criar fórmulas e equações que quando inseridas em outros softwares são tratados como objetos, tais objetos não limitam sua compatibilidade às ferramentas presentes no BrOffice mas também aos demais softwares.

b) OpenProj

Substitui: Microsoft Project

Preço do substituto: Aproximadamente R\$ 2000,00

Compatibilidade com S.O.: Windows

O OpenProj é um software destinado a organização e planejamento de projetos, com a idéia de substituir o Microsoft Project da Windows ele apresenta um layout muito semelhante a este e funcionamento simples permitindo que até um usuário iniciante possa planejar as mais diversas coisas, desde uma simples reforma até um projeto envolvendo todos os departamentos de uma empresa.

Apresenta uma interface leve e repleta de recursos, nos deixando selecionar a forma com a qual iremos apresentar o projeto, podendo seguir inclusive o esquema de diagrama de blocos. Trabalha com diversas variáveis, podendo inserir não só o valor de cada processo, como também o seu tempo e dependência, além disso quais levam mais tempo, quando o devidamente montado o software, conseqüentemente são o limite do projeto, com isso é possível focar nos processos citados e com isso diminuir o tempo do processo ou se precaver quanto a possíveis atrasos.

Software recomendado para implantação e substituição de um que peça investimento financeiro uma vez se tratando de um software Open Source, pois além de ser financeiramente mais viável ainda permite a adaptação do mesmo para as necessidades da empresa.

c) CadStd

Substitui: Softwares de CAD

Preço do substituto: variável

Compatibilidade com S.O.: Windows, Linux e outros

Software de interface simples com disposição das ferramentas de forma clara, mostra-se uma ótima ferramenta para quem apresenta dificuldades em usar softwares mais complexos ter como base para um aprendizado inicial.

O CadStd trabalha apenas no plano e por ser uma ferramenta simples não apresenta diversas funções indispensáveis para um desenho técnico, por estes motivos não é um software recomendado para substituir outros softwares de CAD mais complexos.

d) FreeCad

Substitui: Softwares de CAD

Preço do substituto: variável

Compatibilidade com S.O.: Debian, Windows, Linux e outros

O FreeCad veio como ferramenta sugerida pelo Debian, mostrou-se um software com uma vasta quantidade de ferramentas, trabalha facilmente com figuras tridimensionais e permite animação das mesmas pelo princípio de implantação de pontos de articulação, porém assim como cheio de ferramentas tal software mostra-se também de grande complexidade, sendo difícil usá-lo de forma adequada sem instrução prévia.

O software é capaz de ler arquivos tridimensionais de outros softwares de CAD como o conceituado AutoCad e por esse motivo o usuário a criar toda a peça no mesmo e transferi-lo posteriormente para o FreeCad para então animá-lo.

Recomenda-se o software como complemento de outro software de CAD devido a sua complexidade, porém uma vez dominado por substituir o software base, também é recomendado para criação de modelos animados para apresentação do projeto pronto e em funcionamento de forma a maximizar a compreensão dos objetivos a serem alcançados.

e) BRL-Cad

Substitui: Softwares de CAD

Preço do substituto: variável

Compatibilidade com S.O.: Windows, Linux e outros

O software apresenta layout leve e uma visualização considerável da peça criada em 3D, possui considerável quantidade de ferramentas e uma possibilidade de modificação dos sólidos de forma livre permitindo uma deformação fácil de sólidos complexos.

O BRL-CAD tem a desvantagem de não abrir formatos que não sejam os próprios, dificultando consideravelmente o uso dos desenhos em outros softwares, desta forma este software é recomendado apenas para objetivos de uso unicamente para criação de sólidos ilustrativos, para demais funções o software não é recomendado por ser difícil a sua interação com outros softwares.

2.2 Estudos de Caso

Neste tópico foram levantados dados de instituições e cidades que utilizaram os Softwares Livres e as economias obtidas por elas mediante a adoção da ferramenta. Através da análise dos softwares utilizados e os resultados obtidos será possível visualizar a efetividade da aplicação destes como forma de investimento.

2.2.1 Prefeitura de Barra de Choça²

Barra do Choça é uma cidade da Bahia, sua prefeitura começou em janeiro de 2009 a instalar o sistema operacional Linux com Softwares Livres, com tal modificação houve uma economia de aproximadamente R\$ 200 mil até novembro do mesmo ano. Este valor se deve a ausência de taxas de atualização e aquisição de licenças de softwares próprios como o Windows e o pacote Office.

A implantação de um sistema operacional de código aberto e a utilização de softwares de mesmo gênero permitiram uma considerável economia em pouco menos de um ano. Barra do Choça é uma cidade com aproximadamente 35.000 habitantes, sendo assim a sua prefeitura não é comparável a uma grande empresa em número de

² MATIOLLA, MIGUEL. Linux gera economia de R\$ 250 mil para Prefeitura de Barra do Choça, Salvador. 2009, disponível em: <<http://softwarelivre.org/porta/geral/linux-gera-economia-de-r-250-mil-para-prefeitura-de-barra-do-choça>> Acessado em: 21 de nov. de 2011

computadores e mesmo assim a economia foi considerável. Por estes pontos assumir que a aplicação deste sistema em empresas pode levar a economias importantes no quadro geral da empresa.

2.2.2 Metrô de São Paulo³

A Companhia do Metropolitano de São Paulo (Metrô) economizou no ano de 2005 economizou R\$ 2,56 milhões com a utilização do pacote de software livre OpenOffice, outro nome do pacote BrOffice.

Os dados fornecidos pelo governo de São Paulo mostram que o custo médio das licenças do Microsoft Office aliado às despesas com o suporte Software Assurance seria de 2,7 milhões de reais no ano citado. Entretanto com a adoção do OpenOffice o valor gasto foi de R\$199,5 mil, em termos percentuais a economia foi de 92,7%. No total acumulado desde 1999 a redução de custo foi de 8,2 milhões de reais.

Esta estratégia teve início em 1999 após o governo do Estado reduzir verbas para o Metrô. Atualmente todo o parque computacional do Metrô, que totaliza 2,2 mil máquinas, executam o OpenOffice.

Uma empresa de alta responsabilidade como o Metro adotou o uso de um Software Livre para economizar e assim conseguir manter o nível de trabalho mesmo com verbas menores. O Software livre não só propiciou uma economia inicial pela ausência de licença como também uma economia a longo prazo uma vez que não há custo para atualizar o software que é indispensável ao trabalho da companhia.

2.2.3 Governo do Estado do Ceará⁴

O Governo do Estado do Ceará alcançou uma economia estimada em cerca de R\$ 67 milhões ao utilizar Softwares livres em seus 44 mil computadores desktops e

3 Metrô de SP economiza R\$ 2,5 milhões com software livre, São Paulo. 2006, disponível em: <<http://www.broffice.org/node/57>> Acessado em: 21 de nov. de 2011.

4 Software livre garante economia de R\$ 67 milhões, Fortaleza. 2009, disponível em: <<http://www.linuxsolutions.com.br/noticias/>> Acessado em: 21 de nov. de 2011.

mil máquinas com finalidade de servidores, deste valor R\$ 14 milhões seria gasto com licenças de uso de sistemas operacionais e R\$ 53 milhões com o pacote Office da Windows.

Segundo Regina Estela Lima, coordenadora do Comitê de software livre do governo estadual e parte da Coordenação de Estratégias de Tecnologia da Informação (Coeti), 80% dos computadores em uso pelo governo já utilizam software livre, como o pacote BrOffice e a meta é chegar a 90%. Regina cita também os casos da Procuradoria Geral do Estado, que completou em 100% a migração para a plataforma de código aberto, e o Detran, migrando seu banco de dados para software livre.

Um valor alto demonstra a importância destas ferramentas não importando o ramo, atualmente até o mais simples empreendimento utiliza computadores e estes necessitam de sistemas operacionais e softwares para funcionarem. Mesmo a empresa optando por ainda trabalhar com um sistema operacional pago devido a fatores próprios o uso de softwares livres por si só já iriam gerar uma economia enorme no que se refere a aquisição de novas ferramentas e atualização das mesmas.

3 PROTOTIPAGEM RÁPIDA

Prototipagem rápida (PR) é a expressão que designa um conjunto de tecnologias de reprodução física, camada-a-camada, de protótipos virtuais 3D usando tecnologia de manufatura aditiva⁵. A reprodução física camada-a-camada propicia uma grande liberdade de formas, difíceis ou mesmo impossíveis de serem obtidas de forma rápida por tecnologias industriais já estabelecidas. Por isso, as expressões Fabricação por Camadas, Fabricação de Formas Livres e Impressão Tridimensional. Prototipagem Rápida tem sido, no entanto, a expressão mais utilizada por ter sido a primeira designação ao processo e com isso foi melhor aceita. Ela é também usada indistintamente para designar duas outras tecnologias derivadas delas: Ferramental Rápido e Manufatura Rápida.

A primeira técnica de prototipagem rápida tornou-se disponível no final de 1980 e foi usada para produzir modelos e protótipos de peças segundo a Wholers Report⁶. Atualmente sua aplicação é mais diversificada e ainda sendo utilizado na produção de peças com qualidade para uma produção pequena. Ainda é usado por escultores para produzir exposições.

O uso de manufatura aditiva para prototipagem rápida usa um design virtual de uma ferramenta de CAD ou software de modelagem animada e transforma, virtualmente, em secções horizontais e cria sucessivas camadas até o modelo estar completo. Isto é um processo de WYSIWYG (What You See Is What You Get) onde o modelo virtual e o físico são praticamente idênticos.

Com a manufatura aditiva a máquina lê os dados de um desenho criado em um software de CAD e gera camadas sucessivas de líquido, pó ou material em folha e com essa série de secções transversais é criado o modelo físico. As camadas geradas a partir da secção transversal virtual do modelo feito em CAD são unidas automaticamente para formar o produto final. A principal vantagem da manufatura aditiva é a capacidade de criar quase qualquer forma ou característica geométrica.

Os hardwares utilizados para a Prototipagem Rápida, as impressoras 3D, tem seu

⁵ COOPER, G.K., *Rapid Prototyping Technology – Selection and Application*, 1 ed., New York, Marcel Dekker Inc, 2001.

⁶ WORLERS, TERRY. WOHLERS REPORT 2011. Editora Worlers Associat. Edição anual. Colorado.

preço definido por diversos fatores, dentre eles o tamanho, velocidade, material utilizado e técnica. Algumas de menor porte já estão sendo disponibilizadas em algumas empresas junto ao computador com o software de CAD, possuindo estas de pequeno porte relativamente baixo custo. Juntamente com a tecnologia de impressora 3D existe também o Scanner 3D que possui a função inversa, pode converter a imagem de um objeto físico em um objeto virtual, sua aplicação é devido a difícil desenho de certas formas dentro de um programa.

A interface de dados padrão entre o Software CAD ou semelhante e a máquina é o formato STL. O arquivo STL gera uma aproximação da forma da peça usando facetos triangulares as quais quanto menor geram uma superfície de qualidade superior. A palavra “Rápida” é relativa ao fato de que um modelo feito pelos métodos convencionais pode levar de horas até vários dias dependendo do método utilizado e do tamanho e complexidade da modelo enquanto que pelo sistema aditivo para prototipagem rápida um modelo pode ser produzido em poucas horas, variando neste caso em relação ao tipo de máquina utilizado, tamanho e número de modelos a serem produzidos simultaneamente.

A Prototipagem rápida é a técnica mais conhecida da manufatura aditiva, se usada corretamente pode garantir um ganho valoroso no tempo de criação de um novo produto ou até de melhoria de um já existente, em um mercado competitivo como o de hoje tempo é um fator que pode definir se um projeto irá ou não falhar.

Algumas técnicas de fabricação de sólido em forma livre (Solid Freeform Fabrication) usam dois materiais na construção do modelo, sendo o primeiro o material do modelo em si e o segundo um material de suporte que é posteriormente retirado por calor ou por reação com solvente ou água. O método convencional de injeção em molde é financeiramente mais viável quando se trata de uma manufatura de grande quantidade com produtos em polímeros, porém manufatura aditiva pode ser mais rápida e até mais viável financeiramente quando se trata de uma pequena quantidade de peças.

A Tecnologia de Prototipagem Rápida consiste no uso simultâneo de processos químicos e físicos com o objetivo de criar o modelo por este motivo existem diversas técnicas utilizadas para tal processo desde o lançamento do primeiro equipamento em

1986. Segundo Kai *et al.*⁷, até o ano de 2003 existiam mais de 20 diferentes técnicas de Prototipagem Rápida. Todas têm em comum as seguintes etapas de processo:

- 1) Modelagem tridimensional do modelo;
- 2) Geração da geometria 3D no padrão STL;
- 3) Verificação do arquivo de dados;
- 4) Processo de deposição das camadas;
- 5) Pós-processamento da peça, quando necessário.

Dentre as técnicas utilizadas temos:

a) Estereolitografia (Stereolithography): Tecnologia patenteada em 1986 e que deu origem a revolução da prototipagem rápida, consiste no uso de líquido polimérico fotossensível que solidifica quando exposto a luz ultravioleta. Com a plataforma dentro de um tanque situada abaixo da superfície do líquido epóxi ou resina acrílica. Um laser ultravioleta focado de baixa potência traça a primeira camada solidificando o material da secção, a plataforma abaixa, um varredor distribui o líquido sobre a superfície da camada anterior e então traça-se a próxima camada, o processo se repete até a conclusão do modelo. Após isso o modelo é retirado do tanque, limpo e tem seus suportes removidos e então encaminhado para um forno ultravioleta para completar a cura do modelo.

⁷ KAI, C.C., FI, L.K., SIN, L.C., *Rapid Prototyping: Principles and Applications*, 1ed., New York, Manufacturing World Scientific Pub Co. 2, 2003.

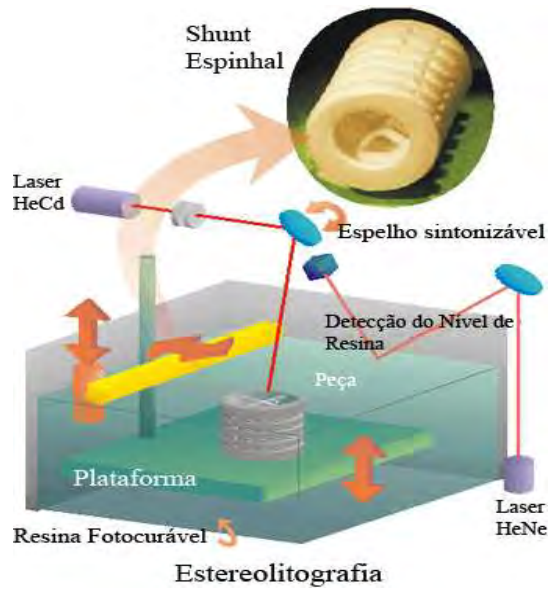


Figura 1: Estereolitografia

b) Fusão por feixe de elétrons (EBM - Electron Beam Melting)⁸: Tecnologia que consiste na fusão do metal pulverizado camada por camada com um feixe de elétrons em um alto vácuo, gerando uma peça densa, sem vazio, e extremamente forte, diferindo-a de algumas técnicas de sinterização de metal. Por ser trabalhado no vácuo permite o uso metais que possuem grande reatividade com o Oxigênio.

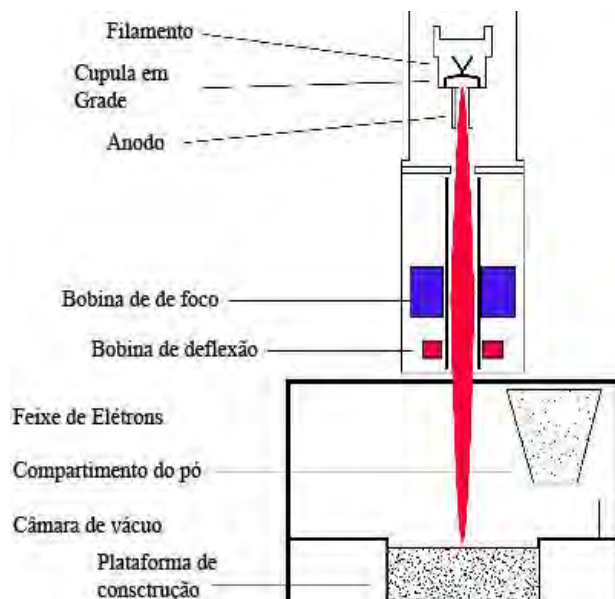


Figura 2: Fusão por feixe de elétrons

⁸ MS. KAREN M. TAMINGER / MR. ROBERT A. HAFLEY. Electron Beam Freeform Fabrication for Cost Effective Near-Net Shape Manufacturing. Metals & Thermal Structures Branch. NASA Langley Research Center. Mail Stop 188A Hampton.

c) Fabricação em forma livre por feixe de elétrons (EBF³ - Electron Beam Free Form Fabrication): Tecnologia na qual um feixe de elétrons e a matéria-prima fio sólido formam as camadas para o fabricação de estruturas metálicas. A eficiência do processo do feixe de elétrons e a matéria-prima tornam o processo EBF³ atraente para uso no espaço. Processo principalmente desenvolvido e projetado por Karen Taminger, engenheiro de material da NASA pela qual a mesma busca construir peças de metal em ambientes de gravidade zero.

d) Modelagem por deposição fundida (FDM – Fused Deposition Modeling): Tecnologia na qual os filamentos de termoplástico aquecida são extrudadas a partir de uma ponta que se move no plano xy. A cabeça de extrusão controlada deposita grãos muito finos do material na plataforma de construção para formar a primeira camada, tal plataforma é mantida a uma temperatura inferior para que o termoplástico rapidamente endureça. Após a descida da plataforma a cabeça de extrusão deposita a segunda camada sobre a primeira. Suportes são construídos ao longo do caminho, presas ao modelo com um segundo material mais fraco ou com uma junção perfurada.



Figura 3: Modelagem por Deposição Fundida⁹

e) Produção de objetos laminados (LOM - Laminated Object Manufacturing): Tecnologia desenvolvida por Helisys de Torrance na qual camadas de adesivo

9 PALM, WILLIAM. Rapid Prototyping Primer. Harrisburg. 2002. Disponível em: <<http://www.me.psu.edu/lamancusa/rapidpro/primer/chapter2.htm#fdm>>. Acessado em: 13 de out. De 2011.

resvetido pelo material em forma de folhas são unidos para formar o modelo. O material original é composto de folhas plastificado com cola que é ativada termicamente e enrolados em carretéis. Um alimentador acoplado com um mecanismo coletor avança sobre a lâmina, onde a base foi construída para a espuma de fita dupla-face. A seguir um rolo aquecido aplica pressão para unir o papel a base onde um laser focado corta o contorno da primeira camada e então hachura a área excedente (o espaço negativo do modelo). A hachura permite que o material extra seja facilmente removido no pós processamento. Durante a construção o material excedente dá um excelente suporte para áreas projetadas e paredes finas. Depois da primeira camada ser cortada a plataforma desce e uma nova camada de material é depositada que é cortado pelo laser repetindo o processo até concluir o modelo que terá uma textura semelhante a madeira. Por ser um modelo feito em papel ele necessita de um acabamento seja com tinta ou verniz para prevenir danos. Estão sendo produzidos novas fitas utilizando plástico e pó de metal e cerâmica.

f) Modelagem por rede engenheirada usando laser (LENS - Laser Engineered Net Shaping): Tecnologia desenvolvida no Laboratório Nacional de Sandia onde um laser de alta potência usado para fundir metal pulverizado que é alimentado de forma coaxial ao foco do laser através de uma cabeça de deposição, o feixe de laser normalmente viaja pelo centro da cabeça e, através de uma ou mais lentes, é focada em um ponto. A mesa contendo o plano move-se de forma rápida para formar a camada do modelo, uma vez terminado a camada a cabeça move-se verticalmente e dá início à nova camada. A alimentação do metal pulverizado é feita através da gravidade ou usando gás pressurizado que muitas vezes trata-se de um gás inerte que tem como função complementar proteger a poça de fusão das reações com o oxigênio presente no ambiente preservando assim suas propriedades e para promover melhor aderência de camada para camada.

g) Sinterização Seletiva a Laser (SLS - Selective Laser Sintering): Tecnologia desenvolvida por Carl Deckard¹⁰ para sua tese de mestrado na universidade do Texas e patentado em 1989 consiste no uso de um feixe de laser para seletivamente fundir o

10 PALM, WILLIAM. Rapid Prototyping Primer. Harrisburg, 2002. Disponível em: <<http://www.me.psu.edu/lamancusa/rapidpro/primer/chapter2.htm#fdm>>. Acessado em: 13 de out. De 2011.

material pulverizado, como náilon, elastômeros e metais, no modelo sólido. O modelo é construído sobre uma plataforma que se encontra logo abaixo da superfície do plano de construção com um reservatório de pó fundido. O laser funde a primeira camada, a plataforma desce e uma nova camada do pó é aplicada para que a nova camada seja fundida, o pó excedente ajuda no suporte durante a construção, o processo se repete até a conclusão do modelo.

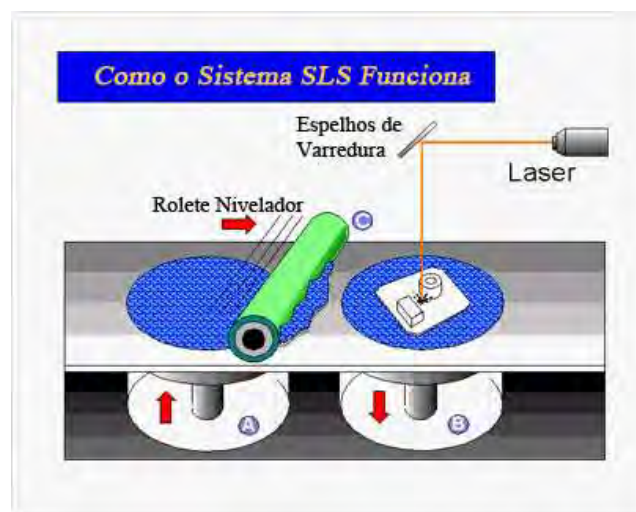


Figura 4: Sinterização Seletiva a Laser¹¹

h) Impressão 3D com jato de tinta (3-D Ink-Jet Printing): Tecnologia na qual os modelos são construídos em um recipiente repleto do material pulverizado, a cabeça de impressão a jato de tinta então seletivamente deposita o líquido aglutinante para unir o pó nas áreas desejadas, o pó não fundido serve como apoio para as camadas seguintes, após isso a plataforma é abaixada, é adicionado mais material e então após nivelar o material começa a formação da próxima camada, o processo se repete até a conclusão do modelo. Após isso há a remoção do pó não unido. Pode-se usar cera, cola ou vedantes para melhorar o acabamento superficial e a durabilidade do modelo. Comumente usa-se camadas de 0,1mm, sendo um processo rápido que gera modelos com a superfície levemente granulada. A ZCorp¹² usa como material base pó a base de amido ou pó cerâmico, suas máquinas podem imprimir utilizando até 4 cores.

¹¹ RAPID PROTOTYPING PRIMER. William Palm (May 1998), revised 30 July 2002, Penn State Learning Factory.

¹² Z CORPORATION – Empresa de Prototipagem <<http://www.zcorp.com/en/home.aspx>> Acessado: 20 de out. de 2011

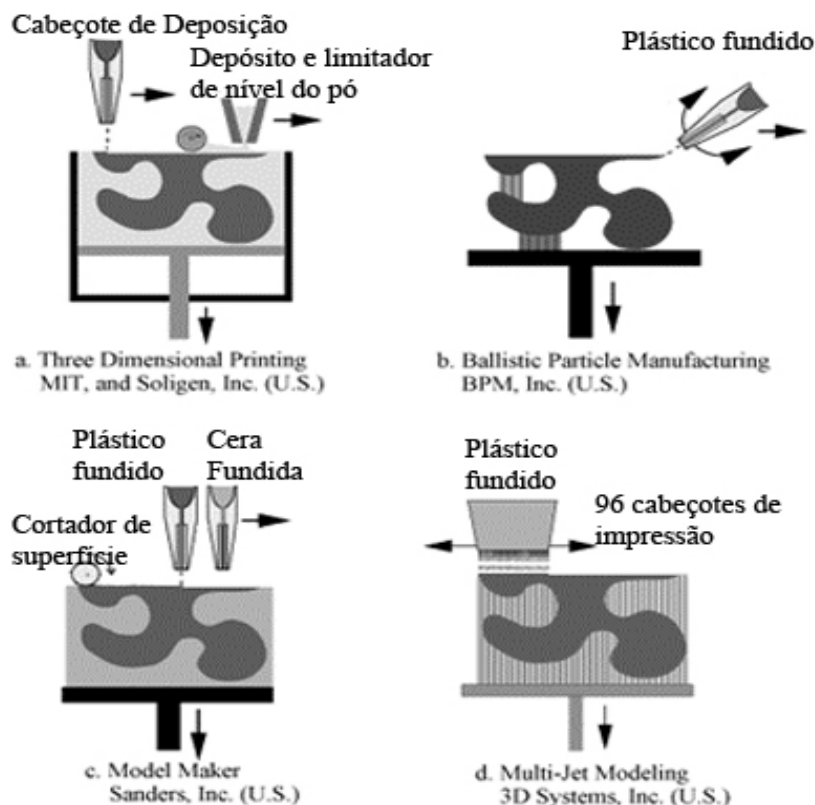


Figura 5: Impressão 3D com jato de tinta¹³

i) Solido por cura do solo (SGC - Solid Ground Curing): Tecnologia semelhante a estereolitografia, pois também usa de luz ultravioleta para solidificar seletivamente polímeros fotossensíveis, porem diferenciando da mesma por solidificar uma camada inteira de uma vez. Primeiramente a resina fotossensível é pulverizada na plataforma, em seguida a máquina projeta uma máscara da camada a ser produzida, esta máscara é impressa em uma placa de vidro acima da plataforma de construção e usando um processo eletrostático semelhante à usada em fotocopiadoras e então é aplicada a luz ultravioleta que passa pela área transparente da máscara e endurece o material na camada desejada. Após a camada estar curada a máquina aspira o excesso de líquido e borrifa resina em seu lugar para apoiar o modelo durante a sua construção a superfície superior é fresada e então se repete o processo para a construção da nova camada, quando concluído o modelo é colocado em um banho de solvente de cera para retirar o material de suporte.

¹³ PALM, WILLIAM. Rapid Prototyping Primer. (May 1998), revised 30 July 2002, Penn State Learning Factory.

j) Matriz de multi jato (PolyJet Matrix): Tecnologia com patente pendente da Object¹⁴ consiste em jatear dois fotopolímeros distintos em combinações predefinidas, combinações essas das mais diversas, podendo combinar dois materiais rígidos, dois flexíveis ou um de cada, podendo combinar transparências ou até mesmo usar dois jatos iguais. Cada material é canalizado para um sistema líquido dedicado ligado ao bloco de Matriz PolyJet, que contém 8 cabeças de impressão. Duas cabeças de impressão perfeitamente sincronizadas são designadas para cada material, incluindo o material de apoio. A tecnologia Matriz PolyJet controla cada um dos 96 bicos in cada cabeça de impressão dos quais são jateados os compósitos pré-definidos de acordo com a sua localização e o tipo de modelo, provendo um controle total da estrutura jateada do material e conseqüentemente das suas propriedades mecânicas. Isso permite que cada compósito, chamado de “Material Digital”, seja provido das propriedades mecânicas desejadas. O material é jateado na plataforma camada por camada até o modelo estar concluído, cada camada fotopolímero é curada por ultravioleta imediatamente após ser jateado permitindo que o modelo pronto seja manuseado e utilizado imediatamente sem uma pós cura. O material gelatinoso usado como suporte é de fácil remoção.

k) Manufatura por deposição de chapas (SDM - Shape Deposition Manufacturing)¹⁵: Tecnologia que consiste em aplicação de sucessivas chapas para formar a peça, é possível também intercalar materiais dentro da mesma produto e incluir acionadores e outras peças dentro do produto sem que haja a necessidade de uso de parafusos ou outros mecanismos de união, por este motivo é muito explorado pela medicina na criação de próteses.

14 OBJET - Empresa de Prototipagem <<http://www.objet.com/>>

15 AARON M. DOLLAR, CHRISTOPHER R. WAGNER, AND ROBERT D. HOWE. **Robust Robotic Mechanisms and Sensors via Shape Deposition Manufacturing**, proceedings of the first IEEE / RAS-EMBS International Conference on Biomedical Robotics and Biomechatronics (BioRob2006), selected for a single-track podium presentation, Pisa, Italy, Feb. 20-22, 2006. <<http://biorobotics.harvard.edu/research/SDM.html>>

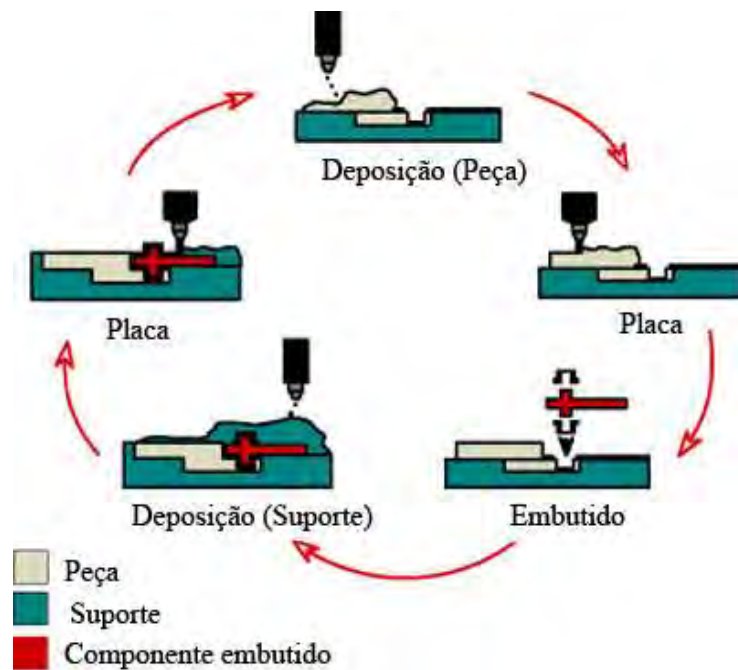


Figura 6: Manufatura por deposição de chapas

1) Robocasting¹⁶: Tecnologia que consiste na extrusão do material na plataforma camada por camada, esta técnica tem sido muito visada devido a possibilidade de usar materiais não cerâmicos misturados com materiais cerâmicos de forma obter características que antes eram difíceis de serem alcançadas devido ao desenvolvimento do plano de tensões.

3.1 Tecnologias de Prototipagem Rápida Disponíveis em São Paulo

Neste tópico serão levantadas máquinas de prototipagem rápida presentes no estado de São Paulo com suas respectivas dimensões de impressão, tecnologia utilizada na prototipagem, dimensões e preços. Também serão citadas observações significativas para o desenvolvimento do trabalho.

3.1.1 Desktops

a) SD300 PRO

16 INNOVATIONS REPORT <http://www.innovations-report.com/html/reports/materials_science/report-10722.html> Acesso em 29 de out. 2011

Empresa: Solidvision

Tecnologia: Plastic Sheet Lamination (Laminated Object Manufacturing)

Dimensões de impressão: 160 X 210 X 135 (XYZ) [mm]

Material de impressão: Plástico de engenharia

Preço: R\$ 20.000,00

OBS.: Dimensão da impressora: 465(largura) x 770(comprimento) x 420(altura) [mm], indústria estrangeira.

b) RapMan 3.1 3D Printer

Empresa: RobTec

Tecnologia: Extrusão a fio (Fused Deposition Modeling)

Dimensões de impressão: 270 x 205 x 210 [mm]

Material de impressão: ADS

Software: Kit RapMan 3.1 3D Printer

Preço: R\$ 5.700,00

OBS.: Recomendável para fins didáticos uma vez que possui exterior transparente.

c) BFB-3000 3D Printer

Empresa: RobTec

Tecnologia: Extrusão a fio (Fused Deposition Modeling)

Dimensões de impressão: 275 x 275 x 210 [mm]

Material de impressão: ADS

Preço: R\$ 12.400,00

OBS.: Transparência parcial, considerável visão do processo. Possui opção de cabeçote triplo¹⁷.

d) V-Flash

Empresa: RobTec

Tecnologia: Estereolitografia

Dimensões de impressão: 228 x 171 x 203 [mm]

17 ROBTEC – Empresa de Prototipagem <<http://www.robtec.com/index.html>> Acessado em: 20 de out de 2011

Material de impressão: Plástico de Engenharia

Preço: R\$ 49.900,00

e) Project SD

Empresa: RobTec

Tecnologia: Estereolitografia

Dimensões de impressão: 298 x 135 x 203 [mm]

Material de impressão: Resina especial para o equipamento

Preço: R\$ 179.000,00

OBS.: Precisão de décimos de milímetros

f) 3D RepRap Mendel

Empresa: Tecnologia Open Source

Tecnologia: Fused Deposition Modeling

Dimensões de impressão: Variado

Material de impressão: Termoplástico

Preço: Variado

OBS.: Por se tratar de uma impressora Open Source suas características podem se adaptar à necessidade do usuário.

3.1.2 Grande Porte

a) Sinterstation HiQ

Empresa: RobTec

Tecnologia: Selective Laser Sintering

Dimensões de impressão: 500 (diâmetro) x 500 (altura) [mm]

Material de impressão: Plástico (pó de náilon), Metal, fibra de vidro e outros

Preço: US\$ 500.000,00

b) Viper Pro

Empresa: RobTec

Tecnologia:Estereolitografia

Dimensões de impressão: 500 (diâmetro) x 500 (altura) [mm]

Material de impressão: Diversos

Preço: US\$ 500.000,00

4 PROPOSTA DA SALA DESTINADA À PROTOTIPAGEM RÁPIDA

Primeiramente devemos considerar que devemos aproveitar o espaço não utilizado nos blocos para criação da sala, desta forma iremos nos restringir a duas medidas de sala, sendo a primeira uma menor de 10mX15m e uma maior de 12mX20m, desta forma na ausência da disponibilidade de espaços destas medidas será possível fazer uma adaptação nos resultados para enquadrar nas possibilidades reais.

Por buscar uma sala de pequeno porte foram desconsideradas máquinas de grande porte uma vez que as mesmas por si só ocupariam espaço considerável da sala, busca-se também uma máquina que tenha sua relação custo e benefício satisfatória para nossos objetivos, por esses motivos foram levantadas as seguintes máquinas de prototipagem rápida:

- RapMan 3.1 3D Printer
- BFB-3000 3D Printer
- V-Flash

A RapMan apresenta um exterior transparente e um custo relativamente baixo o que torna-se viável para fins didáticos, sendo possível colocar mais de uma na sala de tal forma a promover uma interação maior dos alunos com a ferramenta e possibilitando a eles acompanhem o processo de criação do objeto tridimensional, criados anteriormente passo a passo sem que isso impedisse os demais de fazerem o mesmo para os seus objetos. Desta forma é viável pensar em até 3 máquinas RapMan no planejamento da sala e uma turma de porte médio para que seja possível um maior controle do professor e um aumento da didática.

A BFB-3000 possui um preço maior porém tem uma qualidade de impressão melhor, sua versão padrão possui dois cabeçotes de impressão, permitindo a utilização dois materiais diferentes e a possibilidade de utilizar 3 cabeçotes. Seu exterior possui faces transparentes com janelas que permitem o acompanhamento deste processo de impressão, possui uma impressão ligeiramente maior e mais precisa. Neste contexto a recomendação seria uma ou duas máquinas para que o controle sobre elas seja maior e conseqüentemente uma turma reduzida para que não haja a sobrecarga da máquina perante a carga horária disponível.

A V-Flash utiliza a tecnologia de Estereolitografia que trata-se de uma tecnologia

mais precisa, é uma máquina pequena e funcional, imprimir em poucas horas, das três é a que possui o software mais avançado e suporte mundial. Neste caso o objetivo principal da aquisição desta impressora é para fins de pesquisa, portanto seria o ideal ter uma em uma sala pequena, em caso de usá-la para fins didáticos, recomenda-se controle total sobre esta uma vez que é um objeto de custo de investimento muito maior do que as demais.

Vale comentar que não foi recomendada a 3D RepRap Mendel uma vez a mesma se tratando de uma ferramenta de construção própria cujos materiais e ferramentas para construção não são contabilizados e o procedimento ainda não é de nosso domínio. Desta forma para uma aferição de uma sala inicial ela foi deixada em segundo plano. Porém, o uso de tal máquina pode vir a ser viável numa possível expansão da sala ou da turma para que seja possível melhor utilização do tempo disponível pelo professor. E o seu Software Livre, o RepRap, que converte o objeto tridimensional para o formato STL é compatível com a RapMan 3.1 3D Printer e a BFB-3000 3D Printer.

4.1 Configurações Sugeridas:

Neste tópico serão apresentadas as configurações sugeridas para a sala destinada a prototipagem com esquemas demonstrando possíveis posicionamentos e fazendo um orçamento estimado para cada configuração, após isso será apontada como proposta a que mais se adequar aos objetivos desta análise.

- Legendas:



Figura 7 : Símbolo de Computadores



Figura 8 : Símbolo de Máquina de Prototipagem Rápida

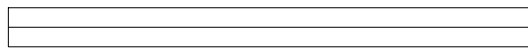


Figura 9 : Lousa / Tela para projeção

a) Configuração para a RapMan 3.1 3D Printer:

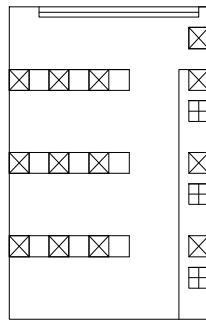


Figura 10 : 10mx15m (RapMan)

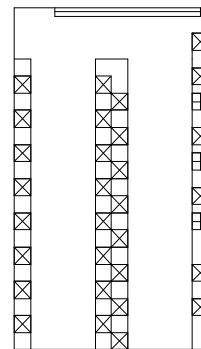


Figura 11: 12mx20m (RapMan)

Para a configuração de 10mx15m, Figura 10, temos 9 computadores para alunos e 1 para o professor, isso limita a turma a 18 alunos, cada máquina de prototipagem teria um computador exclusivo para utilização do software da máquina e o professor teria controle sobre a bancada das máquinas de prototipagem, já na configuração de 12mx20m, Figura 11, temos 26 computadores para os alunos, isto permitiria que cada aluno usasse um computador, porém a ideia do controle do professor sobre a bancada das máquinas se mantém, esta configuração também permite a possibilidade de ampliação da quantidade de máquinas de prototipagem. Desta forma, para uma máquina de prototipagem com valor mais acessível o ideal seria uma sala maior com previsão de ampliação.

Assumindo que os computadores sejam realocadas da própria FEG o custo ficaria por conta da montagem das bancadas e das máquinas de prototipagem.

Custo com as máquinas de Prototipagem: R\$ 17.100,00

Custo com madeira: R\$ 3.000,00

Custo com estrutura de Metal: R\$ 4.000,00

Mão de obra: R\$ 2.500,00

Custo estimado: R\$ 26.600,00



Figura 12: RapMan 3.1 3D Printer

b) Configuração para a BFB-3000 3D Printer:

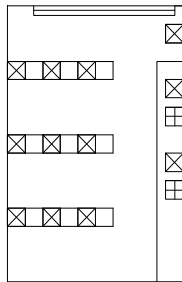


Figura 13 : 10mx15m (BFB-3000)

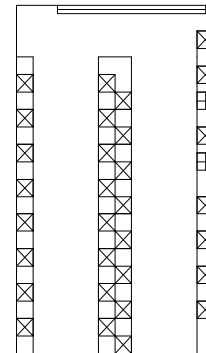


Figura 14 : 12mx20m (BFB-3000)

Em ambas as configurações houve poucas mudanças, a principal mudança é referente ao número de impressoras de prototipagem e o aumento de 2 alunos na configuração de 12mx20m, Figura 14. Desta forma, para manter um controle e não sobrecarregar as máquinas, uma configuração menor seria o ideal, Figura 13, pois a aquisição de novas máquinas dificilmente iriam superar as necessidades da configuração visto que trata-se de uma máquina de valor consideravelmente maior.

Novamente será considerado que os computadores seriam realocados da própria universidade.

Custo com as máquinas de Prototipagem: R\$ 24.800,00

Custo com madeira: R\$ 1.500,00

Custo com estrutura de Metal: R\$ 2.000,00

Mão de obra: R\$ 1.500,00

Custo estimado: R\$ 29.800,00

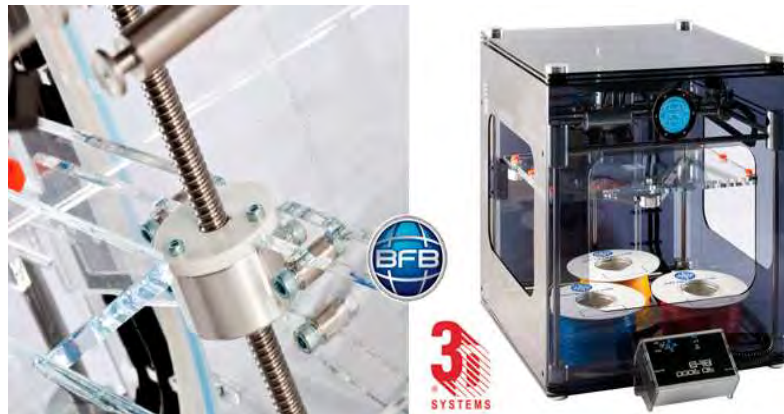


Figura 15: BFB-3000 3D Printer

c) Configuração para a V-Flash:

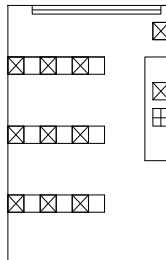


Figura 16 : Fins Didáticos (V-Flash)

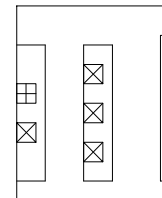


Figura 17 : Fins de Pesquisa (V-Flash)

Nesta configuração a sala de aula teria apenas uma máquina de prototipagem de velocidade considerável, porém que deixaria a desejar quanto a quantidade de alunos atendidos, por este motivo a turma se limitaria a 9, Figura 16. Já a configuração volta para pesquisa poderia ter 8mx10m ou menos e comportar 3 computadores para projeto, Figura 17, uma lousa para anotações gerais e um computador ligado a máquina de prototipagem rápida. Devido ao alto custo da máquina e a sua complexidade recomenda-se aplicá-la para pesquisas e fins direcionados aos professores ou uma turma bem restrita.

Novamente será considerado que os computadores seriam realocados da própria universidade.

Custo com as máquinas de Prototipagem: R\$ 49.900,00

Custo com madeira: R\$ 1.500,00

Custo com estrutura de Metal: R\$ 2.000,00

Mão de obra: R\$ 1.500,00

Custo estimado: R\$ 29.800,00

Custo Estimado: R\$ 54.900,00



Figura 18: V-Flash

d) Proposta final

Dadas as necessidades da universidade e o objetivo de fornecer aos alunos uma base para estudo destas ferramentas recomenda-se a utilização da configuração selecionada para a BFB-3000 3D Printer usando nos computadores o software livre RepRap modificado para uma melhor didática, tal configuração permitiria o uso de

uma impressora com mais recursos didáticos e um controle melhor da sala uma vez que a mesma seria de menor quantidade de alunos.

5 ESTUDO DE CASO GERAL: MCFARLANE TOYS

O caso estudado será o caso da McFarlane Toys, uma empresa renomada no mundo das figuras, seu desempenho na criação de figuras de alta qualidade resultou em um marco na indústria de figuras de ação. Atualmente a empresa abrange não só o ramo de quadrinhos e games mas também trabalha com figuras de ícones dos esportes, seriados de grande repercussão e filmes.

Uma empresa com um nome tão forte no mercado precisa ser muito competitiva para manter o seu status frente a concorrentes que surgem a toda hora, por este motivo foi incorporada na criação de suas figuras o sistema de prototipagem rápida e o uso de Softwares Livres para aumentar a precisão de velocidade da criação de figuras de todos os tipos.

O vídeo que usaremos como base de estudo liberado pela própria McFarlane em uma palestra durante um evento relativo a um dos jogos com os quais trabalha e tem mais nome, Halo, o vídeo apresenta o completo sistema de criação da figura porem se restringe unicamente ao caso citado. Existem diversos métodos utilizados pela McFarlane na criação de figuras dependendo do tipo e o nível de detalhamento esperado pelo público alvo.



Figura 19: Logo do jogo Halo Reach (Um dos jogos da série Halo)

No caso das figuras relativas a ícones do esporte ou até mesmo personagens de filmes ou seriados há uma digitalização tridimensional do modelo, no caso a pessoa, que depois é convertido e adaptado no modelo da figura a ser criada. Posteriormente essas informações são modificadas e modeladas para dar origem ao produto que é a figura.

No caso citado, Halo trata-se de um jogo, portanto a imagem virtual está parcialmente criada como demonstrado na Figura 20, mas uma vez que nem tudo em um modelo de jogo é como aparenta, o uso de texturas e efeitos tornam um modelo simples mais complexo e este trabalho também dificulta a transformação do modelo virtual em uma figura fiel ao que é a imagem virtual do modelo.



Figura 20: Modelo virtual no jogo

O método utilizado pela McFarlane consiste em:

- Passo 1: Leitura do modelo digital do jogo através de software especial e transferência para software de adaptação.
- Passo 2: Adaptação do modelo para versão a ser utilizada na prototipagem, fragmentação do modelo nos pontos de articulação para criação da figura.
- Passo 3: Transformação do formato tridimensional em formato STL.
- Passo 4: Prototipagem do modelo.
- Passo 5: Verificação do modelo prototipado.
- Passo 6: Criação de moldes.
- Passo 7: Criação de figura pelos moldes.
- Passo 8: Pintura e acabamento da figura feita nos moldes.
- Passo 9: Exposição dos resultados para aceitação.

No passo 1 é utilizado um software exclusivo destinado a extração do modelo do

jogo para uso em outros softwares, após isso, no passo 2, é utilizado uma versão modificada do FreeCad para a adaptação e fragmentação do modelo para então o transferir para o formato STL no passo 3.



Figura 21: Figura finalizada

Uma vez que o mercado mostra-se extremamente competitivo ser rápido não é visto apenas com o objetivo superar a concorrência mas também uma forma de aproveitar um momento de maior procura ou um momento em que o interesse pelo produto seria despertado com maior ênfase, por este motivo a criação rápida da linha de produtos de Halo tem de acompanhar o jogo sendo lançado pouco tempo depois deste para que alcance o maior índice de vendas e prenda a atenção dos consumidores. Posteriormente a McFarlane também lança coleções complementares às básicas porem com nível de produção diferenciado e com os objetivos e atrativos diferentes, visando em sua maioria agradar os fãs da série ou aqueles que buscam dar continuidade a coleção base.

Neste contexto o Software Livre já pré moldado faz a rápida adaptação e partição do modelo extraído do jogo para torna-lo uma figura com mobilidade e que permita imitação das poses demonstradas pelo personagem de origem, após converter as partes em uma sequência de seções de prototipagem e criar o protótipo é possível além de usa-lo para analisar o resultado usar o mesmo como base de criação de moldes para a produção das figuras a serem vendidas. Tais ferramentas permitiram além de uma enorme economia de tempo, uma possibilidade maior de exploração de momentos de maior lucratividade.

6 CONCLUSÃO

O mundo apresenta uma evolução acelerada, não só a tecnologia progride como as necessidades das pessoas se modificam com elas. Os produtos hoje para alcançar uma competitividade são obrigados a serem lançados de forma rápida e com qualidade o que força os projetos a serem mais rápidos e precisos para obter as características esperadas.

Duas ferramentas de grande valia para a criação mais rápida de produtos sem prejudicar a qualidade do projeto são os Softwares Livres e a Prototipagem Rápida. Os Softwares livres permitem uma grande versatilidade, o que no meio industrial pode suprir necessidades técnicas, pode tanto ser acrescido de ferramentas como ter o seu layout simplificado para o uso. Outro fator a ser considerado é a grande redução de custos proporcionada por estes tipos de softwares, o que em empresas grandes pode levar a economias consideráveis.

Prototipagem Rápida permite a rápida transformação de um modelo virtual em um protótipo físico, esta ferramenta é muito utilizada para criar objetos para demonstração de projetos, criar base para a criação de produtos ou até mesmo criar produtos em si, como é o caso da sua aplicação para a criação de próteses médicas.

Ambas as ferramentas demonstram uma grande evolução nos recursos disponíveis para os engenheiros, permitindo uma nova gama de possibilidades que se bem exploradas podem fazer a diferença entre o sucesso e o fracasso de um produto no mercado, por este motivo é muito importante sempre ter essas ferramentas em mente quando for buscar opções de melhorias na empresa e no momento de planejar um projeto.

BIBLIOGRAFIA

AARON M. DOLLAR, CHRISTOPHER R. WAGNER, AND ROBERT D. HOWE. **Robust Robotic Mechanisms and Sensors via Shape Deposition Manufacturing** proceedings of the first IEEE / RAS-EMBS International Conference on Biomedical Robotics and Biomechanics (BioRob2006), selected for a single-track podium presentation, Pisa, Italy, Feb. 20-22, 2006. <<http://biorobotics.harvard.edu/research/SDM.html>>

BROFFICE <<http://www.broffice.org>> Acessado em: 21 de nov. de 2011.

COOPER, G.K., *Rapid Prototyping Technology – Selection and Application*, 1 ed., New York, Marcel Dekker Inc, 2001.

MS. KAREN M. TAMINGER / MR. ROBERT A. HAFLEY. Electron Beam Freeform Fabrication for Cost Effective Near-Net Shape Manufacturing. Metals & Thermal Structures Branch. NASA Langley Research Center. Mail Stop 188A Hampton.

FREE SOFTWARE FOUNDATION, Washington. 1985 em :<<http://www.fsf.org/>> Aceso em: 12 de nov. 2011.

INNOVATIONS REPORT <http://www.innovations-report.com/html/reports/materials_science/report-10722.html> Acesso em: 29 de out. 2011

KAI, C.C., FI, L.K., SIN, L.C., *Rapid Prototyping: Principles and Applications*, 1ed., New York, Manufacturing World Scientific Pub Co. 2, 2003.

LINUX SOLUTIONS <<http://www.linuxsolutions.com.br/>> Acessado em: 21 de nov. de 2011.

OBJET - Empresa de Prototipagem <<http://www.objet.com/>> Acesado em: 07 de nov. de 2011

WORLERS, TERRY. WOHLERS REPORT 2011. Editora Worlers Associat. Edição anual. Colorado.

WILLIAM PALM. Rapid Prototyping Primer. (May 1998), revised 30 July 2002, Penn State Learning Factory.

ROBTEC – Empresa de Prototipagem <<http://www.robtec.com/index.html>> Acessado em 20 de out de 2011

SOFTWARE LIVRE. ORG <<http://softwarelivre.org/portal/geral/linux-gera-economia-de-r-250-mil-para-prefeitura-de-barra-do-choca>> Acessado em: 21 de nov. de 2011.

Z CORPORATION – Empresa de Prototipagem <<http://www.zcorp.com/en/home.aspx>> Acessado: 20 de out. de 2011