



DESENVOLVIMENTO DE MODELOS TRIDIMENSIONAIS ATRAVÉS DO CONCEITO DE PROTOTIPAGEM RÁPIDA

Antônio Eustáquio de Melo Pertence

Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento Engenharia Mecânica, Av. Antônio Carlos 6627, Campus da Pampulha, Belo Horizonte, Minas Gerais, Cep. 31270-901, pertence@vesper.demec.ufmg.br

Daniel Martins Costa Santos

Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento Engenharia Mecânica, Av. Antônio Carlos 6627, Campus da Pampulha, Belo Horizonte, Minas Gerais, Cep. 31270-901, engenheiriomecanico@ig.com.br

Resumo. *O uso de modelos tridimensionais vem sendo cada vez mais aplicado ao ensino de graduação nas áreas de desenho mecânico, elementos mecânicos e projetos de máquinas. A construção destes modelos, além da possibilidade de visualização tridimensional, proporciona melhorias da interpretação geométrica e raciocínio espacial, importantes no aprendizado do projeto de máquinas, concepção de peças e montagem de protótipos. Lidando-se com sólidos elementares na construção dos modelos, enriquece-se a base conceitual interpretativa por serem eles os referenciais interpretativos geométricos. Partindo-se da associação desses elementos simples pode-se formar sólidos relativamente complexos. Os modelos didáticos tridimensionais podem ser desenvolvidos utilizando-se várias metodologias tais como: modelagem por massa; planificação de superfícies ou usinagem com o uso de plataforma CAD/CAM. No presente artigo discute-se o uso desta última metodologia aplicando-se o conceito de prototipagem rápida. O princípio da prototipagem rápida por processo de fresamento se caracteriza pelo fatiamento de um modelo virtual gerado em plataforma CAD através de um programa de geração de objetos virtuais em 3 dimensões que utiliza a associação de sólidos elementares através de operações de soma, subtração e interseção, proporcionando trajetórias a cada nível fatiado. Após codificação por comando numérico, as trajetórias são executadas pela fresadora, resultando na fabricação do modelo.*

Palavras-chave: Modelos tridimensionais; Sólidos elementares; Prototipagem rápida

1. INTRODUÇÃO

A produção de equipamentos mecânicos corresponde a uma parcela importante da geração de bens de capital. Para a melhoria da produtividade e resposta mais rápida às necessidades técnicas, procura-se automatizar os procedimentos de cálculo dos vários elementos mecânicos, seja usando teorias básicas de resistência dos materiais ou aplicando o método de elementos finitos para uma avaliação mais precisa das tensões e deformações atuantes. Para tanto se faz necessário o modelagem tridimensional destes elementos mecânicos.

Observa-se ainda que há um crescente interesse na geração de modelos tridimensionais dos elementos mecânicos já dimensionados para um melhor estudo das interferências com outras peças, da cinemática de funcionamento dos conjuntos mecânicos e da melhor sequência de operação nos processos de fabricação.

Entretanto, é na área de ensino de graduação que o uso de modelos tridimensionais tem sido cada vez mais aplicado. Em áreas importantes de ensino tais como, desenho mecânico, elementos mecânicos e projetos de máquinas, os modelos didáticos tridimensionais tem-se mostrado importantes para melhoria do aprendizado. A construção destes modelos, além da possibilidade de visualização tridimensional, proporciona melhorias da interpretação geométrica e raciocínio espacial, muito importantes no aprendizado do projeto de máquinas, o que torna possível a concepção de peças e montagem de protótipos.

No caso do ensino de graduação de desenho mecânico os modelos didáticos tridimensionais tem sido largamente utilizados (French, 1995 e Provenza, 1996). A passagem do tridimensional para o bidimensional e vice-versa, demanda interpretação geométrica, onde ocorre a percepção de sua constituição de forma, posição e proporção em seus valores nominais, construindo na mente um modelo correspondente, vívido e consistente. Lidando-se com sólidos elementares na construção dos modelos, enriquece-se a base conceitual interpretativa por serem eles os referenciais interpretativos geométricos. Partindo-se da associação desses elementos simples pode-se formar sólidos relativamente complexos. As habilidades espaciais entram num ciclo evolutivo uma vez que o trabalho com os sólidos elementares refina os conceitos espaciais e por sua vez o refinamento dos mesmos possibilita maior eficácia em novas interpretações geométricas (Gardner, 1994 e Nunes 1998).

Os modelos didáticos tridimensionais podem ser desenvolvidos utilizando-se várias metodologias tais como: modelagem por massa; planificação de superfícies ou usinagem com o uso de plataforma CAD/CAM. Discute-se o uso desta última metodologia aplicando-se o conceito de prototipagem rápida. O princípio da prototipagem rápida por processo de fresamento se caracteriza pelo fatiamento de um modelo virtual gerado em plataforma CAD através de um programa de geração de objetos tridimensionais virtuais que utiliza a associação de sólidos elementares através de operações de soma, subtração e interseção, proporcionando trajetórias a cada nível fatiado. Após codificação por comando numérico, as trajetórias são executadas pela fresadora, resultando na fabricação do modelo. A Figura (1) ilustra o exposto acima.

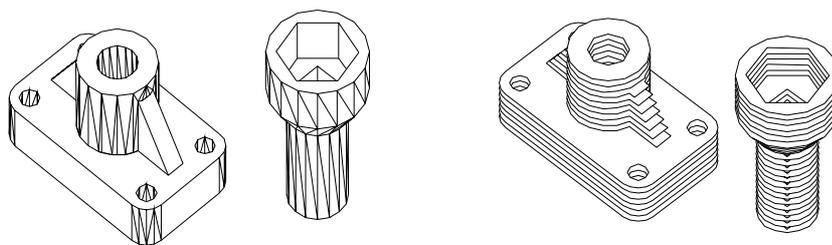


Figura (1) Possibilidades de fatiamento em camadas de elementos tridimensionais para a aplicação da prototipagem rápida.

Neste trabalho apresenta-se um software desenvolvido para a criação de modelos tridimensionais por meio de sólidos elementares, os quais servem de base para processamento de prototipagem por usinagem de comando numérico, de modo a obter a construção de modelos didáticos.

2. FORMAS DE CONSTRUÇÃO DE ELEMENTOS TRIDIMENSIONAIS

Existem basicamente dois modos de construção de elementos volumétricos: extrusão de um perfil e manipulação de sólidos elementares.

O processo de criação de sólidos por meio de extrusão, consiste em desenhar o perfil da peça a ser construída e em seguida fazer com que esse perfil seja extrudado na direção de um eixo escolhido, como demonstra a Fig. (2).

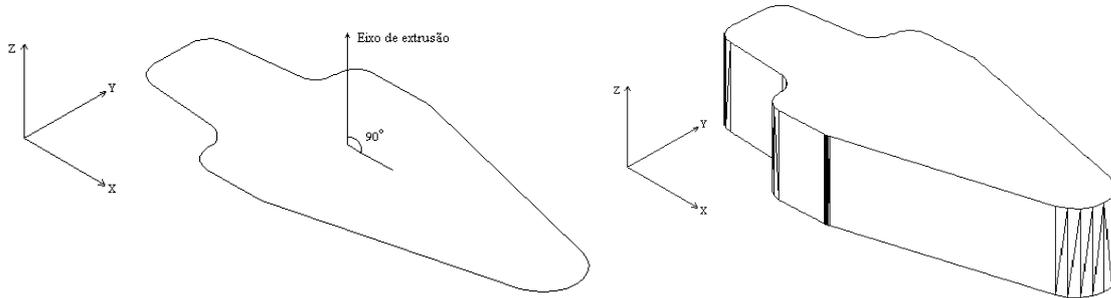


Figura (2) Processo de criação de sólidos por meio de extrusão.

Apesar desse processo ser simples e de fácil realização, torna-se inviável quando se pretende criar um elemento mecânico que possua formas geométricas mais complexas com diferentes perfis, como mostra a Fig. (3).

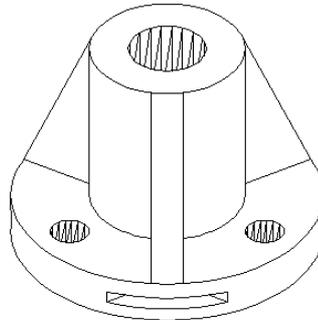


Figura (3) Elemento mecânico com formas geométricas mais complexas.

O procedimento de construção por meio de sólidos elementares consiste em criar formas geométricas padronizadas (cilindro, paralelepípedo, prismas, esferas, torus, cone, etc.), e por meio de aplicação de operações booleanas (soma, subtração e interseção), consegue-se a formação de elementos mecânicos. Na Figura(4) foram criados vários sólidos elementares (cilindro, paralelepípedo e prismas) objetivando a formação do elemento mecânico. Todos os sólidos elementares foram associados através de operações booleanas. A operação booleana de subtração foi utilizada onde as arestas em excesso são eliminadas, resultando no sólido final.

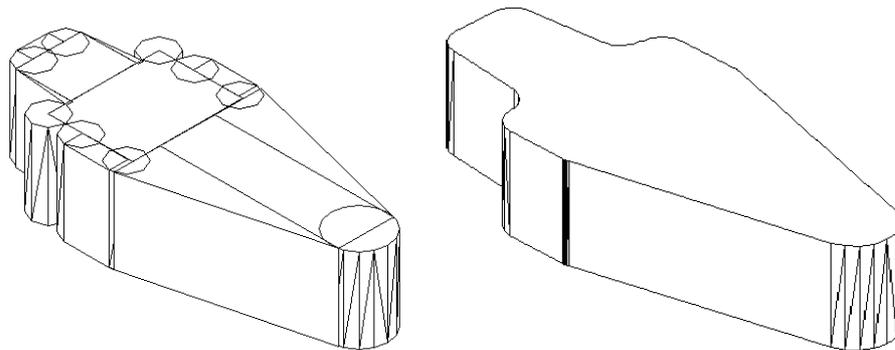


Figura (4) Criação, soma e subtração de sólidos elementares.

3. O PROGRAMA 3DFORM

O “3DForm” é um programa didático de geração de objetos tridimensionais virtuais desenvolvido no Laboratório de Projetos Mecânicos que utiliza a associação de sólidos elementares através de operações de soma, subtração e interseção. Este programa funciona como programa “Client”, controlador das ações de geração de elementos sendo capaz de gerenciar programas “Slave” como o caso da plataforma CAD que disponibiliza uma interface de programação para que seus comandos sejam usados externamente (Halvorson, 1997, Omura, 1999 e Foley, 1990).

O programa “3DForm” foi desenvolvido na linguagem Visual Basic[®] 6 para controlar uma plataforma CAD representada pelo AutoCAD[®] 2000, cujas principais características são :

- Controlar as ações de geração de sólidos elementares (esferas, cones, cilindros, paralelogramos, etc) em plataforma CAD com as dimensões e posições espaciais desejadas.
- Promover a aplicação de funções booleanas de soma, subtração, interseção aos sólidos elementares gerados em plataforma CAD, possibilitando a construção dos elementos mecânicos tridimensionais desejados.
- Possibilitar um processo contínuo de edição e visualização em várias posições de observação durante a geração dos elementos mecânicos tridimensionais além da impressão dos resultados.
- Proceder o fatiamento dos elementos mecânicos tridimensionais gerados em plataforma CAD de acordo com o intervalo e posição do plano de corte desejado, aplicando-se assim os fundamentos da prototipagem rápida.
- Capturar, tratar e armazenar os dados geométricos gerados pelo processo de fatiamento em cada plano de corte nos elementos mecânicos.
- Desenvolver arquivos de códigos CNC para equipamento pré-definido, possibilitando a criação de uma seqüência automatizada de usinagem dos perfis de cada plano de corte e por conseguinte a construção física do elemento mecânico.

A interface gráfica do programa “3DForm”, apresentado na Fig. (5), possui as seguintes características :

- Oferece a capacidade de criação de formas geométricas complexas a partir de sólidos elementares.
- Permite a exibição imediata do histórico de criação do objeto através de uma árvore de visualização.
- Permite salvar e recuperar um arquivo que contém todo o histórico de criação do desenho.
- Permite salvar e recuperar um desenho já iniciado.
- Apresenta interface agradável e de fácil utilização.
- Possui comandos com fácil acessibilidade.

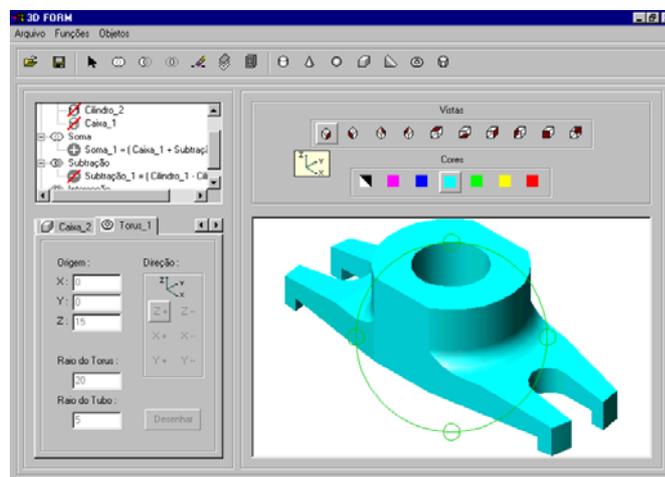


Figura (5) Tela principal do programa 3DForm

A tela principal do programa 3D FORM indicada na Fig. (5), é dividida em cinco áreas com funções definidas :

- Região de Comandos Principais, Fig. (6): localizada na faixa superior da tela, esta região contém os principais comandos do programa, como os comandos de criação de objetos, assim como, os comandos de soma, subtração, interseção, etc.

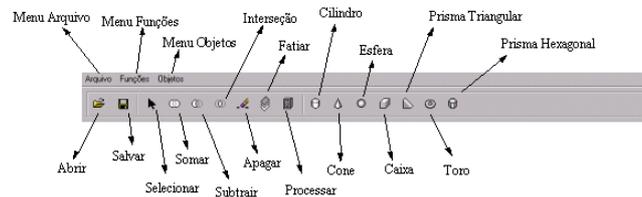


Figura (6) Região de comandos principais

- Região de Histórico Instantâneo, Fig. (7): situada na região superior esquerda é destinada à exibição instantânea do histórico do desenho, ou seja, exibe a seqüência de criação do desenho, permitindo manter com clareza a seqüência de criação do objeto.

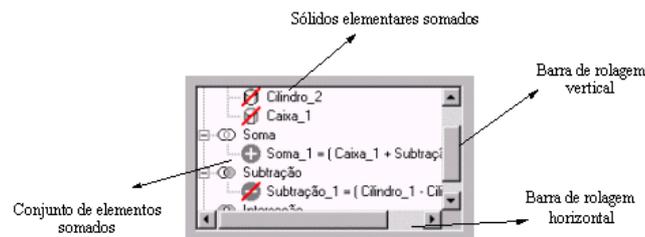


Figura (7) Região de histórico instantâneo

- Região de Controle da Visualização, Fig. (8): esta região está localizada na parte superior direita e contém os comandos destinados à visualização, com definição de vistas preferenciais e definição de cores dos sólidos gerados.

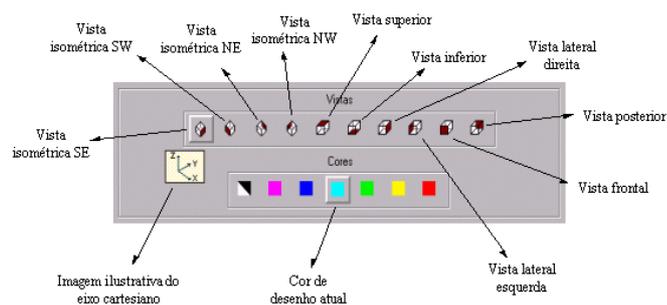


Figura (8) Região de controle da visualização

- Região de Entrada de Dados dos Sólidos Elementares, Fig. (9): situada na região inferior esquerda, sendo destinada ao fornecimento dos dados de criação dos sólidos elementares. Como os dados dos sólidos elementares ficam gravados nesta região, a consulta destes dados pode ser feita em qualquer momento.

- Região de Visualização de Desenho, Fig. (10): região inferior direita destinada a visualização do desenho tridimensional.

Além disso, há também a possibilidade do uso de sistema de posicionamento orbital, zoom, shade, pan e alteração da cor de fundo da tela (branco ou preto).

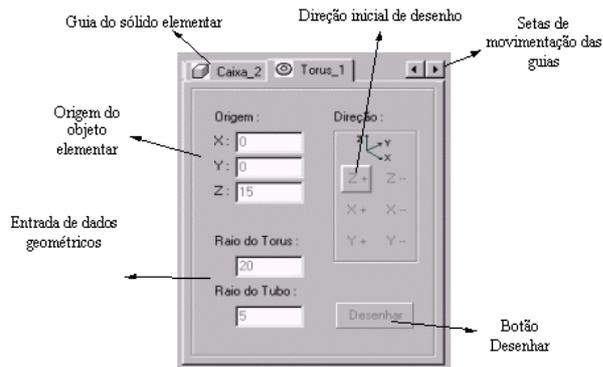


Figura (9) Região de entrada de dados dos sólidos elementares

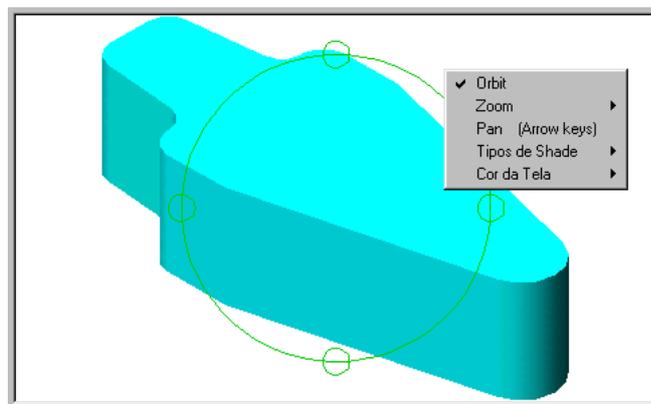


Figura (10) Região de visualização de desenho

Para permitir maior flexibilidade e facilidade de desenho foi necessário viabilizar, como em qualquer programa gráfico, um sistema de salvamento e recuperação do desenho criado, pois, assim é possível parar e recomeçar um projeto a qualquer momento. Quando o usuário executa a função SALVAR, através do botão “Salvar” ou do menu “Arquivo”, que se encontram na “Região de Comandos Principais”, o formulário “Salvar” torna-se ativo, como ilustra a Fig. (11). Neste formulário o usuário fornece o nome do projeto e assim, o software salva dois tipos de arquivos: arquivo de histórico e arquivo de desenho.

O formulário “Abrir”, como mostra a Fig. (12), torna-se ativo quando o usuário executa a função ABRIR, que pode ser encontrada ao lado do comando SALVAR. Neste formulário o usuário escolhe o projeto a ser aberto, permitindo simultaneamente a recuperação dos arquivos anteriormente salvos, arquivos de histórico que contém todos os dados relativos a criação do desenho e arquivos de desenho em formato “DWG” que contém o desenho salvo pelo usuário.

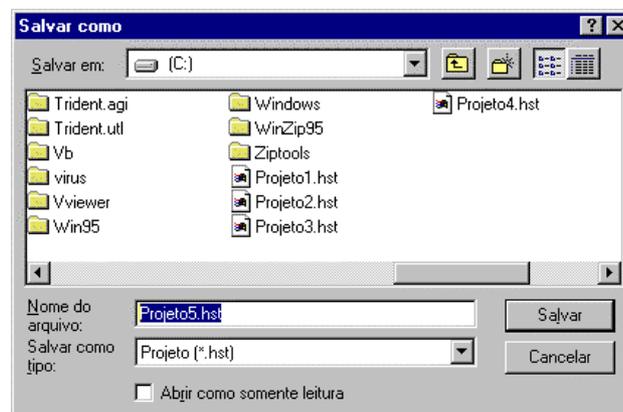


Figura (11) Formulário salvar



Figura (12) Formulário abrir

O desenho é aberto na “Região de visualização de desenho”, como já foi mostrado anteriormente na Fig. 8, enquanto que, o histórico é aberto no formulário “Histórico”, como mostra a Fig. (13).

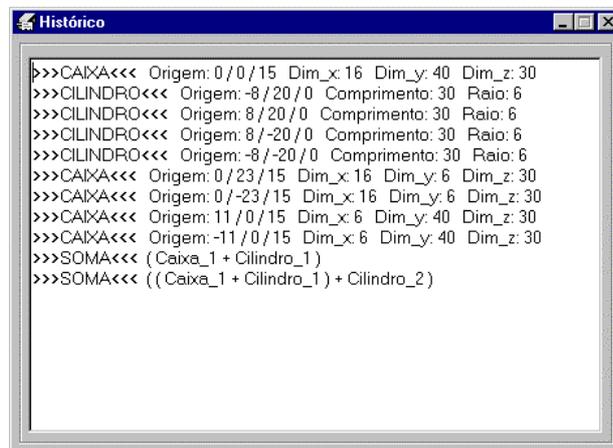


Figura (13) Formulário histórico

4. O PRINCÍPIO DA PROTOTIPAGEM POR PROCESSO DE USINAGEM

A metodologia de fabricação baseia-se nos princípios da prototipagem rápida por processo de usinagem em fresadora didática CNC (EMCO PC MILL 50). O princípio da prototipagem rápida, segundo Erbe, (1999), caracteriza pelo fatiamento de um modelo virtual (objeto gerado pela associação de sólidos elementares) proporcionando trajetórias a cada nível fatiado. Após codificação por comando numérico, as trajetórias são executadas pela fresadora, resultando a fabricação de um protótipo (Ruiz, 1999).

Para a obtenção do modelo virtual e posterior geração do código CNC (Ruiz, 1999, Maho, 1991) deve-se seguir um procedimento padrão, no qual inicia-se a partir da interpretação de um "desenho de produto" de uma peça e elaboração do "desenho de fabricação" dessa peça. Do ponto de vista geométrico, entende-se por "desenho de produto", aquele que apresenta o delineamento de uma geometria vinculada unicamente aos aspectos funcionais e estruturais do produto, não considerando os aspectos relacionados aos processos de fabricação. “desenho de fabricação” de uma peça, neste contexto, é o desenho que traduz as adequações, da peça, ao processo de fabricação. É, portanto, aquele que contém informações geométricas relativas às peculiaridades inerentes a um ou mais processos de fabricação previamente escolhidos.

Portanto, de posse do desenho de produto da peça cabe ao operador interpretar esse desenho e, em face das particularidades do processo e das limitações do equipamento escolhido, propor um desenho de fabricação do modelo. Assim, definem-se para cada etapa de fabricação através de especificações e desenhos: o perfil a usinar; o posicionamento do blank; os tipos de ferramentas e os parâmetros de usinagem.

Através do programa “3DForm” elabora-se o modelo tridimensional virtual, utilizando-se como referência os desenhos de fabricação preparados. O ponto de origem do “espaço 3D de desenho”, deve coincidir com a origem do modelo a fabricar. Assim, define-se a origem, a qual é identificada com a letra "W" como indicado na Fig. (14).

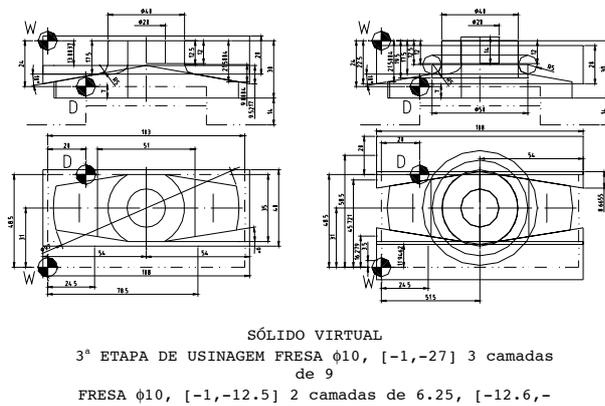


Figura (14) Desenhos para elaboração do modelo tridimensional virtual

Com o sólido virtual elaborado, passa-se ao seu fatiamento. A quantidade de fatias é escolhida em função da profundidade de corte definida no procedimento anterior. A Figura (15) mostra o fatiamento do modelo tridimensional na interface gráfica do programa “3DForm”, necessário à geração das trajetórias em cada plano.

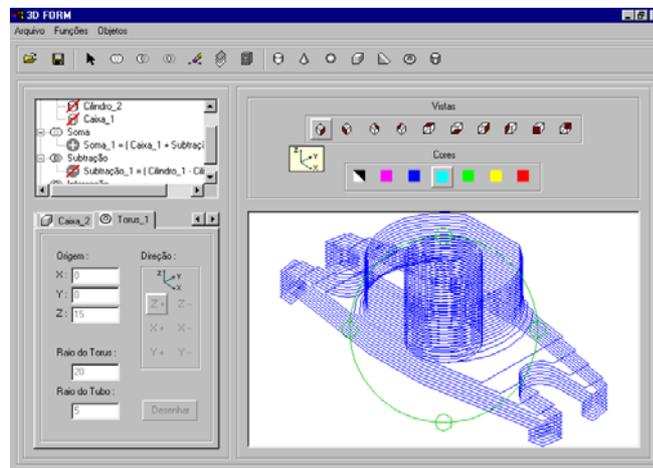


Figura (15) Trajetórias resultantes do fatiamento do modelo

Por último, de posse das trajetórias, comanda-se o programa “3DForm” para gerar os códigos “G” de comando numérico das trajetórias. Em seguida, juntam-se as várias partes formando-se blocos de codificação e edita-se alguns outros complementares tais como: mudança da origem do dispositivo para a origem do modelo; definição de parâmetros de corte; parada da máquina para uma troca de ferramenta ou para uma mudança de posição do blank, etc.

Antes da fabricação propriamente dita, é preciso fazer algumas simulações e testes, para verificar se há alguma falha nos códigos ou alguma incompatibilidade destes com o programa do equipamento, ou mesmo algum outro tipo de erro. Após todos os ajustes relativos aos problemas

que se encontra, processa-se a usinagem como de praxe. A Figura (16) ilustra etapas de fabricação de modelos didáticos tridimensionais utilizando a Fresadora Didática CNC (EMCO PCMILL 50).



Figura (16) Etapa de fabricação de modelos tridimensionais didáticos

5. CONCLUSÃO

O desenvolvimento de modelos tridimensionais utilizando conceitos de prototipagem rápida tem-se mostrado interessante no ensino de Engenharia Mecânica. O aprendizado nas áreas de desenho mecânico, de alguns discentes têm sido avaliado através do uso de modelos didáticos desenvolvidos através da metodologia de fabricação por prototipagem rápida. A utilização dos modelos tridimensionais didáticos fabricados em alumínio e nylon foram utilizados em aulas ministradas aos alunos, resultando na utilização de sólidos tridimensionais em lugar do desenho tridimensional ou isométrico.

O programa “3Dform”, o qual utiliza a metodologia de construção dos modelos tridimensionais através do uso de sólidos elementares, foi muito bem aceito entre estes discentes. Os resultados obtidos após uma avaliação da aprendizagem foram considerados satisfatórios, uma vez que a capacidade de interpretação geométrica espacial foi muito maior do que em turmas convencionais nas quais se utilizaram técnicas clássicas de aprendizagem.

A utilização do conceito de prototipagem rápida por usinagem mostrou-se ser bastante versátil, uma vez que camadas de pequena espessura podem ser alcançadas, permitindo que se trabalhe com sólidos de formas bastante complexas. Além das vantagens técnicas do processo, a prototipagem por usinagem permitiu aos discentes participantes vivenciarem conhecimentos importantes de sua formação, como por exemplo a relação entre projetos de máquinas e processos de fabricação.

O próximo passo será a aplicação de modelos didáticos utilizando conceitos de prototipagem rápida em turmas regulares de desenho mecânico e projetos de máquinas, sendo que tais modelos seriam fruto de trabalho didático em turmas regulares de processo de fabricação.

6. REFERÊNCIAS

- Erbe, H. H., e Sepulveda, E. , 1999, “La Tecnologia de Prototipos Rápidos y sus Aportes al Desarrollo de Productos”, Congresso Iberoamericano de Engenharia Mecânica.
- Foley, D. J., 1990, “Computer Graphics: Principles and Practice”, Addison-Wesley.
- French, T. E. e Vierk, C. J., 1995 “Desenho Técnico e Tecnologia Gráfica”, Ed. Globo, Brasil.
- Gardner, H., 1994 “Estrutura da Mente : A teoria das inteligências múltiplas”, Ed. Artes Médicas Sul, Brasil.
- Halvorson, M., 1997 “Microsoft Visual Basic 5, Passo a Passo”, Makron books, São Paulo, Brasil.
- Maho, P., Ag, “Comando Numérico: CNC, Tecnologia Operacional - Fresagem”, 1991, IFAO Informations System GmbH, Editora EPU, Brasil.
- Nunes, A. C. L. e Ramos, W. S., 1998 “Proposta Metodológica Complementar/Auxiliar Baseada nos Atuais Processos de Multimídia aplicados ao Ensino de Desenho, Especificamente Geometria Descritiva e Desenho Técnico”, Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia.
- Omura G., 1999, “Dominando o AutoCAD® 14”, Livros Técnicos e Científicos, Brasil.

Provenza, F. 1996 “Desenhista de Máquinas”, Editora Provenza, São Paulo, Brasil.
Ruiz, A. A., e Cruz, I. F., 1999, “Sistema CAD/CAM Paramétrico”, Congresso Iberoamericano de Engenharia Mecânica.

DEVELOPMENT OF THREE-DIMENSIONAL MODELS THROUGH THE CONCEPT OF THE RAPID PROTOTYPING

Antônio Eustáquio de Melo Pertence

Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento Engenharia Mecânica, Av. Antônio Carlos 6627, Campus da Pampulha, Belo Horizonte, Minas Gerais, Cep. 31270-901, pertence@vesper.demec.ufmg.br

Daniel Martins Costa Santos

Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento Engenharia Mecânica, Av. Antônio Carlos 6627, Campus da Pampulha, Belo Horizonte, Minas Gerais, Cep. 31270-901, engenheiro mecanico@ig.com.br

***Abstract.** The use of three-dimensional models is being applied to the Engineering Mechanical graduation in the areas of drawing, machine elements and design. The construction of these models, beyond the possibility of three-dimensional visualization, provides to improvements of the geometric interpretation and space reasoning, important in the learning of the machine design, conception of pieces and assembly of prototype. The use of elementary solids in the construction of the models is become rich the conceptual base for being they them referential geometric. With the association of these simple elements it can be formed relatively complex solids. The three-dimensional didactic models can be developed using some methodologies such as: modeling for mass, planning of surfaces or machining with the use of platform CAD/CAM. In the present article the use of this last methodology is evaluated using the concept of rapid prototyping. The principle of the rapid prototyping is characterized for the slice process of the virtual model in platform CAD. A program of virtual object generation in three-dimension use the elementary solid association through operations of addition, subtraction and intersection, providing paths to each sliced level. After coding for numerical command, the paths are executed by the milling machine, resulting in the manufacture of the model.*

***Keyword.** Three-dimensional models; Elementary solids; Rapid prototyping*