

# A contribuição da prototipagem com emprego de fresadora CNC no processo de design de produto

## The Contribution of Prototyping Using CNC and SRP Machines in the Product Design Process

**Cardoso, Eduardo; Ms;**

UFRGS, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil

✉ eduardo.cardoso@ufrgs.br

### ABSTRACT

This article presents the work developed in the Models and Prototypes II class found in the undergraduate program in design at the Federal University of Rio Grande do Sul. The paper aims to show the objectives of the discipline, the methodology and results obtained through the use of Subtractive Rapid Prototyping (SRP) in the development of new products, as well as the technical, formal, conceptual and economic demands considered in the design of furniture.

**KEYWORDS:** subtractive rapid prototyping; design; product design; furniture

A disciplina de Oficina de Modelos e Protótipos II visa, através da prática, incentivar e possibilitar a inserção de tecnologias de fabricação digital como ferramenta para o ensino e atividade de projeto em design, além de capacitar o aluno para o projeto, planejamento e execução de modelos tridimensionais em equipamento de prototipagem digital por remoção de material – fresadora CNC. Ainda, prevê a resolução de problemas formais, funcionais, conceituais e metodológicos e sua adequação técnica, estrutural, tecnológica e econômica na elaboração de projeto de mobiliário. Procura-se também desenvolver o pensamento crítico analítico através de reflexões teórico-críticas das soluções propostas relacionadas com a prática do profissional em design.

Nos últimos anos a investigação acerca do design e do desenvolvimento de produto tem sido intensa. Isto deve-se ao reconhecimento de que o design de produto represente hoje uma das áreas através das quais as empresas podem efetivamente obter vantagens competitivas. Desta forma, as tecnologias de modelagem e prototipagem, tanto virtuais quanto físicas, assumem especial relevância no processo de desenvolvimento de produto (Volpato, 2007). Ainda, a simulação computacional e a prototipagem através do uso de fresadoras CNC como ferramenta para o desenvolvimento de produto tem a capacidade de dar vida às idéias com o máximo de velocidade e confiabilidade fundamentais para a competitividade das em-

presas, proporcionando redução de investimentos em testes, melhoria na qualidade e confiabilidade dos resultados com dados correlacionados com a realidade e também diminuição do tempo gasto com o desenvolvimento e alterações de produto.

### Definições gerais

Segundo Volpato (2007), nas fases iniciais do processo de desenvolvimento de produto, que envolvem concepções, formas e análises, vários tipos de representações tridimensionais podem ser empregadas para distintos fins. As designações para estas representações podem variar de acordo com diferentes autores e empresas, mas cabe apresentar três de grande importância: *mock up*, modelo e protótipo. Para o mesmo autor, *mock up* pode ser definido como um modelo físico que imita o produto final, geralmente em escala real (1:1), mas sem ser confeccionado no material final do produto, tendo assim baixo custo e conseqüente reprodução simplificada, muitas vezes próxima da representação de um modelo volumétrico.

Já modelo pode ser dividido em *modelo volumétrico* e *modelo de apresentação*. O primeiro definido como um primeiro estudo volumétrico bastante simplificado e de fácil confecção, visando à redução de suas formas para aplicação nas fases iniciais do desenvolvimento de um produto. O modelo de apre-

sentação, em escala ou não, demonstra um produto finalizado, servindo às mais diversas finalidades ao se aproximar ao máximo da aparência final do produto. Da mesma forma que o modelo volumétrico, o modelo para apresentação também não se compromete com o uso dos materiais reais do produto em si, mas sim com a representação espacial do mesmo.

Por fim, ainda segundo Volpato (2007), o termo *protótipo* pode ser dividido em protótipo analítico ou virtual, físico ou visual, parcial ou focalizado e protótipo completo ou funcional. Os aspectos importantes do protótipo virtual, ao invés de serem construídos fisicamente, são simulados e analisados computacionalmente como uma maneira intangível de representar um produto. Os protótipos físicos ou visuais são criados para permitir esta aproximação física com o produto, utilizado muitas vezes para testar uma idéia, realizar testes e, em muitos casos, é focado na geometria do produto e não em seus aspectos de materiais. Já os protótipos parciais ou focalizados implementam alguns dos atributos finais de um produto para avaliações específicas, como de um subsistema, e o protótipo completo ou funcional implementa a maioria, senão todos os atributos físicos de um produto. Ambos os anteriores são realizados em escala real (1:1) e são operacionais. O processo utilizado para geração dos mesmos pode não ser exatamente o de fabricação real, mas os materiais e resultado final são os mesmos.

Segundo Selhorst Junior (2008), a integração entre as várias fases do desenvolvimento de um produto e a rapidez entre elas é, sem dúvida, um elemento chave na competitividade industrial e comercial atual. Desta forma, a passagem da pesquisa ao conceito e deste ao projeto e à produção é um incremento de competitividade, onde a prototipagem pode oferecer grandes vantagens no desenvolvimento de novos produtos (Ferreira et al., 2006) através de sistemas CAD/CAM (*computer aided design/computer aided manufacture*).

Nesta busca por integração e rapidez no processo de desenvolvimento de produto, a prototipagem rápida, independente do processo utilizado (adição ou remoção de material), pode ser uma importante ferramenta para alcançar este objetivo. Desta forma faz-se necessário esclarecer alguns conceitos gerais, tais como as técnicas de prototipagem (por adição de material e por remoção de material), assim como as diferentes formas de representação e materialização do produto (*mock ups*, modelos e protótipos, entre outros).

Ainda para Selhorst Junior (2008), não há como discutir sobre prototipagem rápida sem antes entender onde ela está inserida no processo de desenvolvimento de produto e projeto em design. Para Netto e Kaminski (2004), apesar de *projeto* e *design* serem termos próximos, eles não são conceitualmente idênticos. Segundo os mesmos autores, dentro do processo de desenvolvimento de um produto existem dois momentos distintos, o do design e desenvolvimento e o de projeto. Desta forma, no primeiro, definem-se quais as aplicações, usuários e requisitos, processos e especificações que este produto terá,

ou seja, o estabelecimento do conceito para este produto. Já as características do termo *projeto* envolvem aquela parte do processo em que o conceito desenvolvido se faz necessário para a produção do produto através de vários meios. A partir disto, pode-se entender que há uma sequência para o processo de desenvolvimento de um produto e desta forma a prototipagem pode fazer a diferença entre o que pode se tornar um produto ou apenas o conceito de um, ou seja, utilizar-se dos modelos físicos para validação das propostas geradas. Assim, o protótipo pode ser aplicado, dentre outros, nestes dois momentos de desenvolvimento de um produto, ora para análise conceitual, ora para compreensão do produto projetado.

Selhorst Junior (2008) subdivide as tecnologias de prototipagem em dois grandes grupos: prototipagem rápida aditiva (*Rapid Prototyping*), que trabalha por adição de material, e prototipagem rápida subtrativa (*SRP – Subtractive Rapid Prototyping*), onde os modelos são obtidos por usinagem de blocos e chapas de diversos materiais. No entanto, atualmente o termo *prototipagem rápida* vem se tornando mais usual a todo tipo de prototipagem de rápida execução, independente de seu processo (Dvorak, 2004).

Segundo Pupo (2008), os novos métodos não são mecânicos, mas controlados por computadores, daí a definição de CNC – *Computer Numeric Control*, normalmente associado a fresas de controle numérico.

*O termo prototipagem rápida (rapid prototyping) refere-se normalmente aos métodos de produção de protótipos por sistemas aditivos. Contudo, existem também métodos baseados na sobreposição de camadas destinados à produção de produtos finais. Esses métodos são conhecidos como manufatura rápida (rapid manufacturing). O termo rapid, em ambos os casos faz referência ao fato desses sistemas não requererem nenhum tipo de assistência humana. (Pupo, 2008, pp. 3-4)*

Os métodos de produção mais utilizados em prototipagem automatizada podem ser categorizados, segundo Pupo (2008), de acordo com sua finalidade, número de eixos com que trabalham e maneira como produzem os objetos (Fig. 1).

A partir da figura apresentada, pode-se visualizar, avaliar e definir o melhor método de produção automatizada de acordo com o objetivo a que cada protótipo se destina em cada momento do desenvolvimento de um produto.



Figura 1. Métodos de produção automatizada. Fonte: Adaptado de Pupo (2008).

A usinagem e o protótipo gerado por fresadora CNC (SRP) possuem algumas restrições geométricas, como, por exemplo, permitir somente a remoção de material que pode ser alcançado pela ferramenta; assim, alguns cantos retos internos não podem ser obtidos e a fixação de peças com paredes delgadas não é uma tarefa simples (Volpato, 2007). Estas restrições têm feito com que a prototipagem por adição de material ou camadas venha se sobressaindo em relação à usinagem CNC. Porém, a usinagem CNC produz protótipos funcionais a custos razoáveis, confeccionando assim protótipos no material em que será produzido o produto final e em escala, permitindo testes reais de material com alta precisão dimensional. Desta forma, os protótipos, quando obtidos através da usinagem CNC, conseguem alcançar com baixo custo seu objetivo inicial: minimizar erros e acelerar a chegada do produto ao mercado, sem perder qualidade no processo desenvolvimento do projeto.

## Objetivos e métodos

A disciplina Oficina de Modelos e Protótipos II apresentada anteriormente tem como objetivo uma maior inclusão da prototipagem digital como ferramenta de apoio ao desenvolvimento de projeto. O trabalho realizado ao longo do semestre baseia-se na elaboração, planejamento e execução de projeto de mobiliário que possua como elementos de junção unicamente o encaixe. Utiliza-se para tanto o recorte e usinagem em fresadora CNC, a partir de um modelo virtual tridimensional. O equipamento utilizado tem mesa com área útil de 500mmx700mm e altura máxima de corte de 150mm.

Primeiramente, trabalham-se as questões teóricas relativas ao desenvolvimento de mobiliário, tais como a seleção de materiais e sistemas de junção, assim como diferentes formas de pesquisa e apresentação de estudos de caso para criação de repertório. Na sequência, apresentam-se alguns dos diferentes sistemas de prototipagem rápida, tais como por remoção e adição de material, suas diferenças, vantagens e desvantagens para o emprego em questão.

Posteriormente, passa-se ao projeto propriamente dito e à aplicação dos modelos virtuais e físicos em praticamente todas as etapas do projeto. Na primeira etapa deve ser apresentada a pesquisa e o conceito da proposta através de modelos virtuais volumétricos tridimensionais. Na segunda etapa devem ser apresentados os sistemas de junção, a forma de fabricação, o aproveitamento de material (chapas) e a validação do sistema, seja através de modelo físico em escala reduzida ou como parte do projeto em escala real (protótipo parcial ou focalizado), uma vez que se faz necessário testar o referido sistema de junção (encaixe) dos componentes também em escala real (Fig. 2).

Uma vez validado o sistema construtivo, parte-se para a prototipagem do elemento completo de mobiliário antes de seguir para a etapa de detalhamento (Fig. 3). Ainda na etapa de

validação do sistema construtivo, fazem-se também avaliações de usabilidade e de ergonomia, entre outras, pertinentes a cada projeto através do protótipo completo ou funcional em escala real. Nesta etapa, pode-se perceber como em determinados momentos do processo de desenvolvimento, modelos e protótipos físicos são fundamentais para tais avaliações, sendo fundamental a materialização do projeto através do protótipo para propiciar certo grau de interação com o produto.

Uma vez concluída com sucesso a etapa anterior, parte-se então para o detalhamento do projeto executivo e posteriormente para a execução do protótipo final (Fig. 4). Desta forma e, através da integração proposta, parte-se para a execução de um projeto com o mínimo de erros, pois através dos mock ups, modelos e protótipos realizados, muitas vezes é possível perceber imediatamente se o projeto será viável ou não.



Figura 2. Protótipo físico e modelo digital da Mesa Conecte.  
Fonte: aluno Lucas Carginin.



Figura 3. Mesa Mais, modelo reduzido e protótipo em escala real.  
Fonte: aluno Ricardo de Menezes Costa.

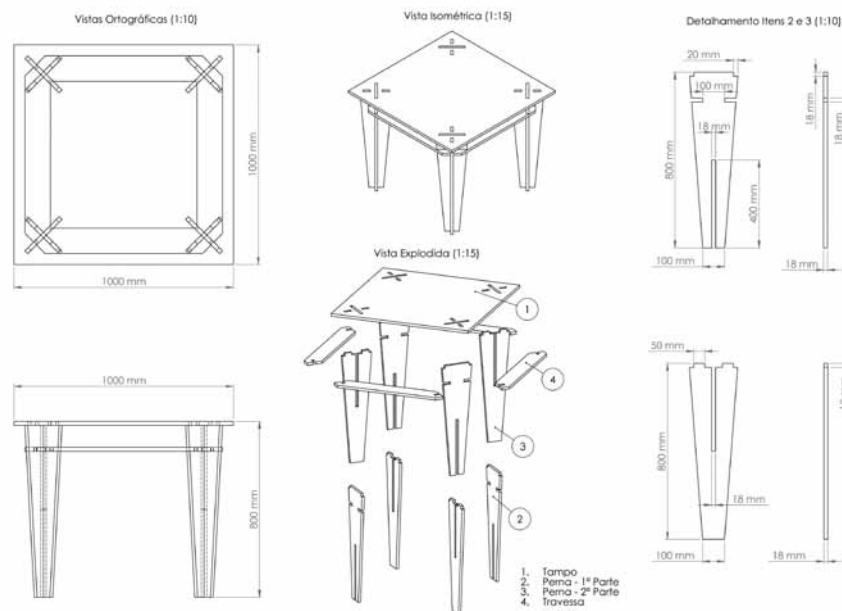


Figura 4. Detalhamento de projeto da Mesa Mais. Fonte: aluno Ricardo de Menezes Costa.

## Conclusões

De acordo com o trabalho apresentado, o presente artigo demonstra que o emprego de modelos físicos a partir da prototipagem por remoção de material pode ser extremamente valioso para o projeto de mobiliário, uma vez que possibilita o contato e diferentes tipos de análises durante o processo de desenvolvimento de projeto. Todavia, o emprego de modelos físicos não exclui a utilização de modelos virtuais, aplicados desde a fase conceitual e de geração de alternativas até o momento de conversão do modelo virtual ao físico pelo processo de prototipagem.

Desta forma, espera-se evidenciar a importância da utilização de equipamentos de prototipagem rápida em design, através das vantagens que apresenta no processo de desenvolvimento de produto nas fases de concepção, desenvolvimento e avaliação. Também podem ser combinadas com o emprego de outras ferramentas computacionais, como as análises numéricas realizadas com protótipos virtuais, além de mostrar sua aplicação nas fases de detalhamento e fabricação, com o potencial de dinamizar o desenvolvimento do produto, favorecendo a antecipação de falhas e reduzindo ou eliminando re-trabalhos nas soluções de projeto.

Este fato contribui para fortalecer o valor do emprego de modelos e protótipos nas atividades de projeto para que muitas questões possam ser avaliadas, modificadas e finalmente aprimoradas de acordo com cada caso e etapa e, assim, possam ser adotadas como importante ferramenta de apoio à tomada de decisão de projeto.

Os resultados têm sido bastante positivos, uma vez que vários trabalhos desenvolvidos de acordo com a metodologia

apresentada tem se destacado em prêmios e mostras de design, tanto regionalmente quanto nacionalmente. O projeto da Mesa Mais é finalista no Concurso Design Estudantes Masisa 2010 e também estará em exposição na Mostra Novíssimos na Bienal de 2010 em Curitiba. Da mesma forma, outros projetos desenvolvidos na mesma disciplina também foram expostos e/ou participaram com sucesso de concursos de design.

## Referências

- Dvorak, P. (2004). Model early, model often, and pass the prototype around. *Machine Design* 55.
- Ferreira, J.C., Santos, E., Madureira e H. Castro, J. (2006). Integration of VP/RP/RT/RE/RM for rapid product and process development. Em *Rapid Prototyping Journal*, 12 (1), 18-25.
- Netto, A.C. e Kaminski P.C. (2004). The concept of product design. Em *Product: Management & Development*, 2 (2).
- Pupo, R. T. (2008). Ensino da prototipagem rápida e fabricação digital para arquitetura e construção no Brasil: definições e estado da arte. Em *PARC - Pesquisa em arquitetura e construção*, 1 (3), 1-19.
- Selhorst Junior, A. (2008). *Análise comparativa ente os processos de prototipagem rápida na concepção de novos produtos: um estudo de caso para determinação do processo mais indicado*. Dissertação de Mestrado não publicada. Curitiba: Pontifícia Universidade Católica do Paraná.
- Voltapo, Neri. (2007). *Prototipagem rápida: tecnologias e aplicações*. São Paulo: Blücher.