

Da Prototipagem ao DIY: Criação de mobiliário de baixo custo a partir de modelagem e fabricação digitais

From Prototyping to DIY: Creating low-cost furniture from digital modeling and manufacturing

Micke Rogério Gomes

Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais,
Brasil

mickegomes7@gmail.com

Sérgio de Lima Saraiva Junior

Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais,
Brasil

saraivalima.sergio@gmail.com

Diogo Ribeiro Carvalho

Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais,
Brasil

diogo.pucminas@gmail.com

Abstract

This paper discusses the potential of digital fabrication for assisting people in building low cost furniture. It is analyzed what motivates people to join the “Do-it-Yourself” culture, and proposes the construction of a desk from reused materials, combined with joints and components that are digitally designed and become available online. Finally, the paper discusses the possibilities of digital fabrication to adapt to a context that is not inserted in the industrial environment and highlights the research potentials to increase the user autonomy.

Keywords: Modelagem digital; Prototipagem rápida; Fabricação digital; Design resiliente; *Do it yourself*.

Introdução

O presente trabalho traz as primeiras observações acerca do projeto de pesquisa fomentado pelo Programa de Bolsas de Iniciação Científica (PROBIC) da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC Minas), que intitula este artigo. Está inserido nas atividades do Laboratório de Experimentação em Fabricação Digital – (LEFAD), bem como do grupo de pesquisa CNPq - Estética e Materialidade.

Pretende investigar a criação e confecção de mobiliários a partir de experimentos projetuais de modelagem e prototipagem por deposição de material fundido (FDM) com ênfase na forma, estrutura e construção. Segundo Bernardo e Cabral (2014) a manufatura capitalista voltada para a produção em massa, dispõe de uma variedade bastante limitada, com soluções padronizadas e repetitivas - isso se aplica à indústria moveleira. Com um perfil tão rígido grande parte da população acaba ficando restrita a apenas duas escolhas: improvisação ou mobiliário por encomenda. Outra questão levantada pelos autores é a baixa flexibilidade dos projetos; os mobiliários nem sempre possibilitam adaptações. Este modo de fazer e pensar o projeto desestimula a autonomia tanto do cliente final quanto da mão de obra reprodutiva.

Nesse cenário é fato que a indústria não consegue satisfazer as aspirações de quem necessita de um mobiliário específico, mas não dispõe de capital suficiente. A falta de flexibilidade pode ser entendida como um dos principais problemas quando se analisa a produção de móveis em larga escala. O problema

dessa baixa variedade é que os consumidores, tanto de classe média como de classes menos afortunadas, têm uma oscilante diversidade de necessidades que por vezes, os produtos ofertados por esses ramos não conseguem atender. Projetos abertos e flexíveis, por não serem usuais, acabam aumentando os custos de produção. Os móveis planejados como não são pensados em larga escala possuem um alto valor. Tal situação exclui uma grande parcela da população, lhes restando, apenas, a improvisação.

Investigar novos modos de projetar e fabricar mobiliários é a indagação que move a pesquisa na busca por satisfazer a hipótese a ser verificada: a fabricação digital, especialmente a impressão 3D, pode oferecer meios e soluções para aumentar a autonomia dos usuários e a flexibilidade dos projetos de móveis atuais?

Alternativa DIY

A cultura DIY (*Do It Yourself* ou faça você mesmo), ficou conhecida com a difusão global das informações e ideias individuais, fruto do boom da internet nas primeiras décadas deste século – que passou a propor novas maneiras de produzir objetos e conectá-los em rede. Fato é que seja por sustentabilidade, exercício criativo, baixo custo, democratização do acesso aos bens, entre outros motivos, cada vez mais pessoas dedicam parte de seu tempo à produção de algum tipo de artefato. De acordo com Nunes (2010), a causa de as pessoas gostarem da sensação de tornarem real uma ideia, é a razão pela qual muitas delas se dedicam à produção das suas próprias soluções. Com a otimização das ferramentas CAD (Projeto Auxiliado por Computador e CAM (Manufatura Auxiliada por Computador) -

como fresadoras CNC, impressoras 3D e cortadoras a *laser* - bem como a propagação de espaços de produção compartilhada como os *FabLabs*, *FreeFarms* e *ToolLibraries*, o pensamento de projeto alcançou um novo patamar que possibilita um acesso à fabricação digital mais democrático, o que favorece a digitalização dos objetos e da arquitetura. (Magri, 2015).

As máquinas de impressão 3D - principal ferramenta deste estudo - mais tradicionais que utilizam plásticos PLA e ABS como insumos, têm sido utilizadas fundamentalmente como ferramentas para produção de protótipos. A pesquisa propõe o alargamento dessa condição para a fabricação digital e busca verificar a possibilidade da impressão com PLA - material biodegradável, compostável e reciclável - como alternativa para criar componentes construtivos - particularmente junções e conectores - que associados a outros materiais - como madeira de reuso, tubos, barras, cabos de vassoura, dentre outros - podem promover a autonomia do usuário, desde a escolha e criação do design à sua fabricação e montagem.

Durante o *openhous* (evento aberto para vestibulandos) do *Singapore University of Technology and Design* (SUTD), o curso de Arquitetura apresentou o *vMesh* - um pavilhão composto por conectores fabricados digitalmente e barras de alumínio. Liderado pelos professores Raspall e Bañión (2016), o projeto conta com aproximadamente cinco metros de altura em alguns pontos e porte de quatorze metros. Um exemplo claro de como os parâmetros de impressão podem colaborar para o desempenho dos conectores fabricados, abrindo novas perspectivas para aplicação da impressão 3D diretamente em componentes arquitetônicos funcionais com escalas cada vez maiores.

Descrição do Experimento

Para investigar as questões levantadas, optamos por criar um experimento que se desenvolveu da seguinte forma: (i) selecionar mobiliários de estudo e materiais que apresentassem potencial para fabricação de móveis. O intuito desta primeira etapa é selecionar um objeto que nos sirva de demonstrativo e que consiga simular um móvel com dimensões reais e que seja resistente o bastante para suportar cargas consideráveis; (ii) modelagem, fabricação e testes de resistência física dos conectores e do móvel construído. No segundo estágio além de modelar, fabricar digitalmente e montar o mobiliário em questão, iremos submetê-lo a testes de resistência mecânica à compressão com o intuito de verificar a qualidade dos conectores produzidos e do conjunto montado e, finalmente; (iii) disponibilizar para *download* um manual com orientações de montagem, bem como o conjunto de modelos digitais produzidos, por meio de plataformas *online* como o site *thingiverse.com* - *Digital Designs for Physical Objects*. Disponibilizar o manual e os conectores de forma comentada, ajuda a ampliar o repertório disponibilizado atualmente na internet e contribui para o fortalecimento da cultura *maker*.

Por fim, espera-se com esse estudo, verificar se a fabricação digital - sobretudo a impressão 3D - pode se adaptar a um contexto que não esteja inserido no ambiente industrial e,

também, criar meios que favoreçam a autonomia dos usuários na produção de mobiliários mais adequados à sua realidade no que diz respeito à sua utilização e significação.

Análise dos Resultados:

(i) O mobiliário selecionado para o estudo foi uma mesa. O projeto privilegiou um objeto que apresentasse facilidades no processo de montagem, permitindo ao usuário final combinar os conectores criados, com os materiais que estivessem à disposição. Durante o processo de criação alguns conectores foram modelados digitalmente em concomitância à pesquisa por materiais até a chegada ao produto executado (Figura 1).

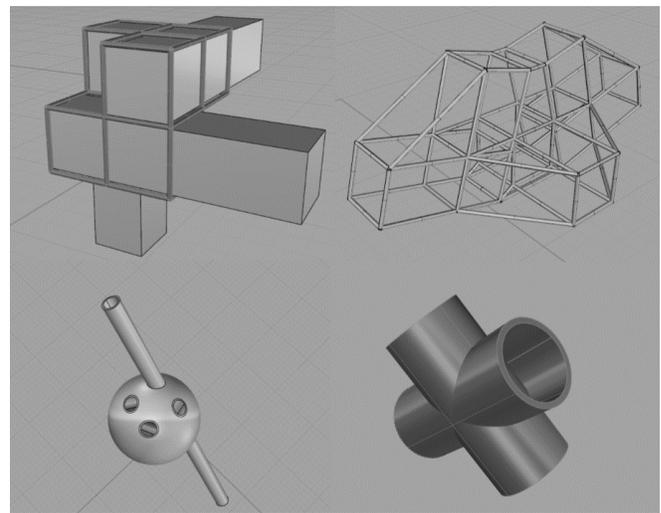


Figura 1: conectores de estudos preliminares modelados com auxílio do software Rhinoceros.

Os materiais escolhidos para o protótipo foram tábuas e sarrafos de madeira pinus pois, além da grande disponibilidade desse tipo de insumo na região de Belo Horizonte, custo acessível e possibilidade de aproveitamento de material descartado (reuso) - o que se aplica a este trabalho - essas peças são comercializadas com padronização de dimensões (05, 07 e 10cm de espessura) o que facilita a confecção de conectores.

(ii) O processo de criação e modelagem das peças se desenvolveu com o auxílio do software *SketchUp*; plataforma intuitiva que oferece uma extensa biblioteca de *plugins* e modelos 3D, além de fornecer uma versão gratuita que possibilita qualquer alteração nos conectores. A escolha por um software com uma interface amigável potencializa a autonomia do usuário final. A confecção das junções foi feita em impressora 3D com bico de diâmetro 0,4mm para filamento PLA de 1,75mm e resolução/altura da camada de 300 a 100 *microns*. Para definição morfológica das junções que constituem a mesa, foram consideradas premissas como resistência, direcionamento e estabilidade que determinaram a forma de cada peça de maneira lógica (Figura 2).

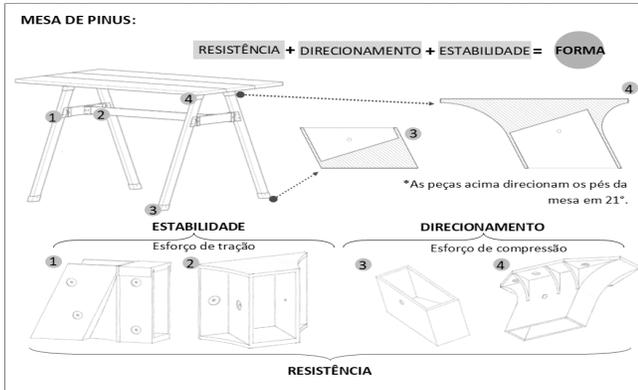


Figura 2: esquema de montagem da mesa e posicionamento dos conectores / esforço sofrido por cada conector tipo (CT).

Para fabricação dos conectores foram utilizados os mesmos parâmetros de impressão (preenchimento: 05%, espessura das paredes: 02 perímetros, altura das camadas: 0,19mm, sem necessidade de gerar suportes) configurados diretamente no *software* da impressora 3D CL1 - *Cliever Studio*. Tais critérios foram definidos de modo a produzir elementos resistentes com otimização do tempo de trabalho da máquina. Para maior clareza, os conectores criados foram classificados como Conector Tipo (CT), e organizados numericamente (01 a 04) de acordo com sua forma e função dentro do projeto, definindo as seguintes nomenclaturas: CT01, CT02, CT03 e CT04 (Figura 3).

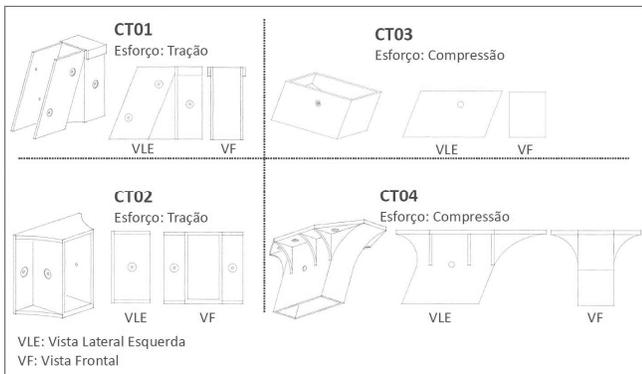


Figura 3: conectores Tipo (CT).

Com os componentes impressos foi possível estimar a média de custo para fabricação; baseado custo do insumo para impressora 3D em um *FabLab* na cidade Belo Horizonte, que cobra à comunidade externa apenas o material consumido.

De acordo com a cotação, o valor médio de PLA = R\$ 15,00/100g, temos:

CT01: 29g/unidade (04 unidades) = 116g;
CT02: 14g/unidade (02 unidades) = 28g;
CT03: 13g/unidade (04 unidades) = 52g;
CT04: 31g/unidade (04 unidades) = 124g

Logo, a quantidade de material gasto corresponde a 320g, com custo médio de R\$48,00 para fabricação de todos os conectores necessários para construção da mesa proposta.

Vale ressaltar que as madeiras utilizadas na montagem são provenientes de reuso caracterizando, neste caso, custo nulo com tábuas e sarrafos. Para esse projeto foram utilizadas 03 peças de tábua de pinus (115x25x02cm) que formam o tampo e 09 peças de sarrafo de pinus com as seguintes dimensões: 04 peças de 75x05x02cm para os pés, 02 peças de 35x05x02cm para o travamento transversal, 01 peça de 75x05x02cm para o travamento longitudinal e por fim 02 peças de 75x05x02cm para estruturar o tampo da mesa (Figura 4).



Figura 4: produto final. À esquerda: composição final do produto. À direita: detalhe em foto dos conectores CT04, CT01 e CT03 ordenados de cima para baixo.

Para análise comparativa foram realizados orçamentos e cotações para simular a aquisição dos mesmos materiais usados - tábuas e sarrafos de pinus - em lojas especializadas, bem como a aquisição de uma mesa com dimensões aproximadas comercializadas em lojas populares, também, aquisição de uma mesa sob encomenda (Tabela 1 e Tabela 2).

Tabela 1: cotação de materiais para construção da mesa.

COTAÇÃO 01: AQUISIÇÃO DE TABUAS E SARRAFOS DE PINUS*			
MATERIAL	Lj 01: Casa da Madeira	Lj 02: Risco Madeiras e Construção	Lj 03: Santos Madeiras
Tábua Pinus (30x300cm)	R\$ 16,80	R\$ 15,95	R\$ 28,13
Sarrafo Pinus (05x300cm)	R\$ 2,80	R\$ 4,62	R\$ 3,29
* Cotação realizada em 18/07/2017 pela página web dos fornecedores.			

Tabela 2: cotação de compra de mobiliário referência / orçamento de móvel planejado.

COTAÇÃO 02: MESA SIMPLES 04 LUGARES (80x80cm)*		ORÇAMENTO MESA PLANEJADA (115x90cm) EM MADEIRA*
LOJA 01: Ponto Frio (Cd.: 10356192)	R\$ 299,00	LOJA: Nova Lima Planejados R\$ 509,00
LOJA 02: Casas Bahia (Cd.:11418981)	R\$ 269,00	
LOJA 03: Magazine Luiza (Cd.: 0857167)	R\$ 279,99	
* Cotação em 19/07/2017 pelas lojas online.		* Orçamento em 16/07/2017 em loja especializada

Após a montagem do objeto, foram realizados dois testes com o intuito de mensurar a resistência física da mesa e seus componentes. O primeiro teste avaliou se a mesa teria capacidade de suportar cargas próximas aos valores recomendados por fabricantes de mesas similares comercializadas no mercado - 75kg em média. Para este estudo foram colocadas sobre o tampo da mesa diversas anilhas metálicas que possuíam massa total de 85 kg (Figura 5). Nesse teste a mesa suportou a carga apresentando boa estabilidade, sem demonstrar nenhum sinal de rompimento, flambagem ou esforço sobressalente.



Figura 5: teste de carga com anilhas. Na imagem é possível ver 02 anilhas de 10kg, 10 anilhas de 05kg e 06 anilhas de 2,5kg, totalizando 85kg.

Posterior ao teste de carga com anilhas metálicas, os conectores que sofrem ação compressiva (CT03 e CT04) foram submetidos a um ensaio de compressão com o auxílio de uma prensa hidráulica, objetivando contabilizar os limites de carga máxima suportado por cada unidade destes elementos.

Durante o ensaio, o conector CT03, que apoia e direciona a madeira do pé da mesa, obteve o limite de 8,46kN como carga máxima. O conector CT04, que é fixado no tampo da mesa e interliga essa região à estrutura do pé, obteve limite de carga em 12,85kN.

Ao realizar a conversão desses resultados de acordo com a 2ª Lei de Newton, temos que:

$$F = m \times a \quad \text{eq.1}$$

Onde: F= força ou carga máxima, dada em Newton

m= massa, dada em kg

a= aceleração da gravidade de valor 9,81 m/s²

Para o conector CT03, tem-se como carga máxima:

$$Carga\ máxima = \frac{8,46 \times 10^3\ N}{9,81\ m/s^2} = 862,38\ kg \quad \text{eq.2}$$

Para o conector CT04, tem-se como carga máxima:

$$Carga\ máxima = \frac{12,85 \times 10^3\ N}{9,81\ m/s^2} = 1309,88\ kg \quad \text{eq.3}$$

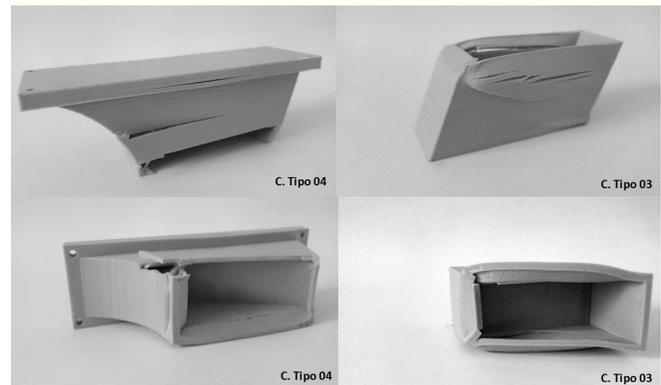


Figura 6: conectores CT03 e CT04 após teste de limite de carga com auxílio de prensa hidráulica.

Durante a avaliação e conforme a imagem acima, foi possível perceber que o material PLA quando submetido a cargas maiores tende a sofrer acentuada deformação (sobretudo nas paredes do componente) até atingir o limite de carga e romper nas regiões onde a espessura de material depositado é menor.

(iii) A disponibilização dos componentes criados e do manual com instruções de montagem está sendo feita através de plataformas digitais, como o site thingiverse.com - *Digital Designs for Physical Objects*. A liberação do material tem o objetivo de tornar a tecnologia desenvolvida acessível, fortalecer a cultura *maker*, incentivar o movimento DIY (faça você mesmo), aumentar a autonomia do usuário e ajudar a ampliação do repertório já disponível na internet.

Considerações Finais

Embora a pesquisa esteja em fase inicial de estudos e tenha potencial de desenvolvimento e obtenção de resultados mais expressivos, foi possível verificar que os conectores criados com os parâmetros de impressão descritos, apresentaram

ótima resistência estrutural e de carga se considerarmos o objeto planejado. Com essas percepções é possível prever de forma bastante otimista que a depender do contexto a ser aplicado, a impressão 3D tem capacidade para superar a fronteira da prototipagem e avançar na fabricação de produtos finais.

No experimento proposto ficou evidente a versatilidade da impressão 3D no que tange sua adequação a um cenário fora do ambiente industrial. Os adeptos ao movimento *maker*, podem se valer de espaços de produção compartilhada, como os *FabLabs*, para gerarem quantos conectores forem necessários; o que exclui a necessidade de investimento em equipamentos de fabricação digital. Além disso, o custo efetivo para a execução de projetos, como a montagem da mesa a R\$48,00, por exemplo, além de viabilizar as necessidades específicas do produtor por um valor inferior ao do mercado, ainda incentiva a adesão de cada vez mais pessoas ao movimento DIY (faça você mesmo). Essa parametrização, nas ideias de Magri (2015, p. 165), “cria mais um laço emocional entre o usuário e o produto, uma vez que ele define a forma do seu móvel”.

A liberação dos arquivos online além de aumentar a autonomia do usuário, amplia a possibilidade de customização, e favorece a construção do que lhe é necessário a partir de materiais condizentes a sua realidade. Ainda, desafia questões de autoria e se insere no contexto do pensamento computacional e das plataformas abertas de informação. Desta forma o trabalho se aproxima do tema central do congresso: *design* resiliente.

Apontamentos futuros

Vale ressaltar o potencial de avanço da pesquisa ao melhorar a eficiência, a compreensão estrutural e diminuir os custos para a geração dos conectores. Estudos sobre otimização topológica já estão em curso, assim como toda uma nova série de mobiliários com emprego de novos materiais que não apenas madeira.

Agradecimentos:

À PUC Minas – FAPEMIG que favorece o desenvolvimento deste estudo por meio do PROBIC (Programa de Bolsas de Iniciação Científica);

Ao Laboratório de Experimentação e Fabricação Digital (LEFAD) por dispor dos equipamentos necessários para experimentação, bem como aos técnicos Thiago Corlaite e André Figueiredo pelo suporte e orientações prestados.

Aos técnicos e ao Laboratório de Simulações em Engenharia Mecânica por viabilizarem os testes de limites de carga máxima dos conectores;

Às demais bolsistas de iniciação científica Jéssica Ribeiro, Júlia Campos e Tamirez Silveira pelos debates agregadores acerca da fabricação digital;

Ao FabLab Newton por fortalecer a cultura *maker* na cidade de Belo Horizonte;

À Thirza Lima por sempre colaborar para as coisas acontecerem de uma forma melhor.

Referências

- Bernardo, M. V., Cabral, S. (2014). Fabricação digital e variedade fora do contexto industrial. *Blucher Design Proceedings*, 1(20), 320-323. Montevideo.
- Magri, P.H. (2015). A digitalização do design de mobiliário no Brasil: panorama e tendências. Tese de Mestrado. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Nunes, V.C. (2010). DIY: Uma nova estratégia de design de produto virada para o “faça você mesmo”. Tese de Mestrado. Faculdade de Arquitetura da Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa.
- Orciuoli, A. (2017). O impacto das tecnologias de fabricação digital nos processos de design. *Revista AU*, nº 183. São Paulo.
- Oxman, R.; Oxman, Robert. (2010). *The New Structuralism: Design, Engineering and Architectural Technologies*. [S.I.]: Academy Press. v. 80, n. 4, july/aug.
- Picon, A. (2010). *Digital Culture in Architecture: an introduction for the design professions*. Basel: Birkhauser. 224p
- Wamoto, L. (2009). *Digital Fabrications: Architectural and Material Techniques*. New York: Princetown Architectural Press.