

Estudo de caso de um mobiliário produzido por meio das técnicas de fabricação digital

Case study of furniture produced using digital manufacturing techniques

Daniel Trindade Caldas

Universidade Federal de Campina Grande

dnieeltrindade@gmail.com ✉

Pablo Marcel de Arruda Torres

Universidade Federal do Rio Grande do Norte

pablo@design.ufcg.edu.br ✉

PROJÉTICA

COMO CITAR ESTE ARTIGO:

CALDAS, Daniel Trindade; TORRES, Pablo Marcel de Arruda. Estudo de caso de um mobiliário produzido por meio das técnicas de fabricação digital. **Projética**, Londrina, v. 13, n. 2, p. 42-60, 2022.

DOI: 10.5433/2236-2207.2022v13n2p42

Submissão: 02-08-21

Aceite: 12-11-21

RESUMO: O objetivo deste artigo é descrever o processo de fabricação de um mobiliário desenvolvido por intermédio das técnicas de fabricação digital, em específico com a utilização das tecnologias subtrativas CNC, comando numérico computadorizado. Sendo assim, para o desenvolvimento do experimento, foi selecionada uma profissional que possuía experiência no desenvolvimento de mobiliários por meio da técnica estudada. O acompanhamento da fabricação do mobiliário foi feito mediante a observação direta do pesquisador, descrevendo através de textos e registros fotográficos todo o processo de produção do objeto, que ocorreu durante a pandemia causada pelo vírus COVID-19. Para isso, os profissionais envolvidos tiveram que apresentar teste negativo para dar início ao experimento, além de serem checadas as temperaturas corporais e a utilização de máscaras durante a fabricação do produto. Como resultado, obteve-se a análise de um mobiliário, que pode ser usado como banco, mesinha lateral e cadeira, composto por dez peças planas de 15 mm de espessura em compensado naval.

Palavras-chave: AvDesign de produto. Revolução digital. Fabricação digital. Mobiliário.

ABSTRACT: *The objective of this article is to describe the manufacturing process of furniture developed through digital fabrication techniques, specifically with the use of subtractive CNC (computer numerical control) technologies. Thus, for the development of the experiment, a professional who had experience in the development of furniture through the studied technique was selected. The monitoring of furniture manufacturing was carried out through direct observation of the researcher, describing through texts and photographic records the entire production process of the object, which occurred during the pandemic caused by the COVID-19 virus. To do so, the professionals involved had to submit a negative test to start the experiment, in addition to being checked for body temperatures and the use of masks during the manufacture of the product. As a result, an analysis of the furniture, which can be used as a bench, side table and chair, was obtained, consisting of ten flat pieces of 15 mm thick in naval plywood.*

Keywords: *Product design. Digital revolution. Digital manufacturing. Furniture.*

1 INTRODUÇÃO

Um dos principais fatores da capacidade humana de pensar é a possibilidade que temos de modificar a natureza e o ambiente ao nosso redor. Os processos de transformação da natureza pelo homem sempre foram acompanhados pelo desenvolvimento da tecnologia e de máquinas capazes de tornar esta tarefa mais fácil, produtiva e inovadora. Observamos na história do homem a primeira grande ruptura provocada pelo avanço tecnológico com a transformação dos metais e o desenvolvimento das máquinas a vapor, substituindo a tração animal e humana, tornando possível o surgimento dos grandes teares industriais e das ferrovias. Em seguida, o emprego da eletricidade tornou as máquinas mais eficientes e resultou no surgimento da linha de produção, possibilitando a fabricação de bens de consumo em larga escala de forma mais rápida e com menor custo de produção. O terceiro momento foi caracterizado pela inserção do processamento de dados e da informática no processo produtivo. O surgimento dos computadores tornou os processos fabris mais velozes e eficientes, os quais foram responsáveis pela imaterialidade, pelos serviços e cálculos avançados que tornaram o desenvolvimento possível. Os computadores passam a desempenhar atividades fundamentais na vida do homem e, conseqüentemente, modificam a forma em que trabalhamos.

De acordo com Mineiro e Magalhães (2019), a difusão das tecnologias de fabricação digital gera oportunidades que não poderiam ser observadas até então. Os processos baseados no digital estão mudando numa velocidade acelerada não apenas na forma de manufatura de produtos e objetos, mas também estão permitindo o surgimento de novos modelos inovadores de produção e distribuição. Antigas ideias de fabricação estão sendo reavaliadas e novas possibilidades aparecem constantemente, alterando a maneira como fabricamos, escolhemos e consumimos. O Design era “escravo da fabricação, com a criatividade restrita por uma série de razões”, como moldagem e custos (LEFTERI, 2013, p. 6). O autor

ressalta que, embora em muitos casos essa situação ainda prevaleça, os processos de fabricação estão se tornando mais uma ferramenta flexível à disposição do designer.

Essas transformações são cada vez mais acessíveis, proporcionando desde o conhecimento massivo dos processos e a troca de informações em plataformas *online* até a materialização das ideias em laboratórios de fabricação digital e espaços *maker* espalhados pelo mundo. Um computador conectado à internet possibilita o carregamento de modelos por parte de projetistas (o que potencializa a sua difusão), a obtenção dos projetos (muitas vezes gratuitos) em sites e comunidades *online*, a customização através da modificação do projeto e a eliminação de custos de publicação e distribuição. Percebemos um momento de intensificação na relação do homem com a máquina, impulsionado por movimentos que estimulam a criação e prototipagem de produtos customizados e personalizados, que Gershenfeld (2007, p. 8) classifica como “um retorno às nossas raízes industriais”.

Assim, podemos inferir que a inovação tecnológica tem papel importante na evolução dos modos de fazer. A marcenaria (evolução da antiga carpintaria, que consiste no trabalho da madeira, em que há transformação da matéria em um produto) também vem evoluindo de acordo com o desenvolvimento da tecnologia, o que reflete em uma série de desafios para os designers, que interferem diretamente no processo projetual por meio das novas máquinas e ferramentas presentes nos espaços de fabricação digital.

Logo, o objetivo deste estudo é descrever o processo de fabricação de um mobiliário desenvolvido por intermédio das técnicas de fabricação digital, em específico com a utilização das tecnologias subtrativas CNC, controladas por comando numérico computadorizado.

[...] a digitalização dos objetos é um processo permanente e acelerado, assim como aconteceu na computação, comunicação, fotografia e música. Segundo Gershenfeld (2007), estamos caminhando para uma fabricação pessoal, de forma personalizada, pois com o avanço da tecnologia os meios de fabricação passarão a ser acessíveis a pessoas comuns, permitindo aos usuários desenvolver projetos autorais de acordo com suas necessidades individuais.

2 A REVOLUÇÃO DIGITAL E OS SEUS EFEITOS

Com o avanço da ciência e tecnologia nas últimas décadas, podemos acompanhar uma revolução digital, que, segundo Flusser (2017), traz como principal característica a passagem de uma era de máquinas para uma era de robôs. De acordo com Gershenfeld (2012), essa nova revolução industrial está voltada para a fabricação das coisas e segue as mesmas ideias que ocorreram no passado, com a digitalização da comunicação e a computação. Anderson (2012) afirma que a transformação digital, além de contribuir com a eficiência dos atuais processos de fabricação, está fazendo surgir uma enorme população de produtores, que não inclui apenas os atuais fabricantes presentes no mercado, mas também numerosas pessoas comuns que estão se tornando empreendedores com a inserção destas técnicas de fabricação.

Desse modo, com o desenvolvimento constante da tecnologia, os profissionais passam a desenvolver projetos em ambientes próprios, exclusivamente digitais, proporcionando aos projetistas uma maior aproximação com o processo de fabricação, além de oferecer a possibilidade de customizar e adaptar diferentes tipos de artefatos (BARROS, 2011). São os *FabLabs*, abreviação do termo em inglês *Fabrication Laboratory*, que, de acordo com Eychenne e Neves (2013, p. 10), são espaços estimulantes para a educação pessoal, os quais possibilitam a democratização das tecnologias e técnicas aplicadas, diminuindo barreiras do conhecimento, tornando os usuários protagonistas do processo e promovendo ambientes férteis para a inovação. Flusser (2017) expõe que as novas fábricas se assemelham com escolas, onde as pessoas têm a possibilidade de aprender diretamente com os aparelhos, em aparelhos e de aparelhos, em espaços que se assemelham a laboratórios científicos, academias de arte, bibliotecas e discotecas. Conforme Maravilhas Lopes e Martins (2016), existem outras tipologias desses ambientes compartilhados que estimulam a fabricação digital, como os *Techshops* e *Hackerspaces*, todos sendo considerados como *Maker Spaces*. Apesar de possuírem

características distintas entre as tipologias de laboratórios, eles compartilham a mesma filosofia e estimulam a criatividade de seus usuários mediante recursos tecnológicos, possibilitando o desenvolvimento de produtos e soluções inovadoras, em projetos individuais ou coletivos. As novidades nesses ambientes envolvem os sistemas generativos de projeto, a modelagem paramétrica e as técnicas de Prototipagem Rápida (ALCÂNTARA FILHO; MENDES, 2017).

Nesse sentido, a digitalização dos objetos é um processo permanente e acelerado, assim como aconteceu na computação, comunicação, fotografia e música. Segundo Gershenfeld (2007), estamos caminhando para uma fabricação pessoal, de forma personalizada, pois com o avanço da tecnologia os meios de fabricação passarão a ser acessíveis a pessoas comuns, permitindo aos usuários desenvolver projetos autorais de acordo com suas necessidades individuais. A indústria do passado decidia o que as pessoas deveriam consumir, produzindo em escala produtos idênticos para todos os tipos de pessoas. Esse novo cenário quebra paradigmas e permite às pessoas a oportunidade de serem protagonistas do movimento, possibilitando a criação e customização de produtos por meio de uma rede de usuários conectados, trocando informação e criando coisas, um cenário difícil de imaginar há décadas.

Dessa maneira, a nova cultura projetual referida se desprende da produção fabril e abrange outros âmbitos, como a distribuição e os serviços. Com o avanço da tecnologia e as transformações que contribuem para um design mais acessível à comunidade, estimula-se o desenvolvimento de projetos pessoais influenciados pela cultura do faça-você-mesmo (ou *Do-It-Yourself*), permitindo a participação ativa da sociedade na cultura material e criando um cenário aberto para a experimentação e prototipagem de diferentes tipos de coisas (FRANÇA; MIRANDA, 2019). Tais práticas exigem muita experimentação, ou seja, aprendemos ao mesmo tempo que fazemos, resultando em novas formas de interação entre pessoas,

locais e objetos. Somos atores e espectadores de um momento em que podemos “somente refletir sobre o presente e tentar encontrar nosso espaço dentro dessa conjuntura” (BANDONI, 2016, p. 52).

3 A ERA DIGITAL NA MARCENARIA

Poucos produtos são capazes de refletir tanto as transformações entre processos tradicionais e digitais de manufatura quanto a produtos de marcenaria (móveis e objetos em madeira). Inicialmente, a marcenaria era tarefa exclusiva de artesãos; a industrialização tradicional permitiu a réplica em larga escala de móveis de baixo custo e grande capilaridade na distribuição difusa destes produtos. Com a popularização das máquinas, surgem as pequenas marcenarias, responsáveis pela confecção de móveis sob medida, muito populares até hoje em dia. Agora a marcenaria digital permite novas possibilidades estruturais, estéticas e de uso, além da possibilidade de customização por meio de produtos parametrizados, desenvolvidos e fabricados por intermédio de *softwares* e do computador.

No entanto, de acordo com Oliveira e Sakurai (2018), pode-se constatar que desenhos característicos da marcenaria tradicional são replicados na marcenaria digital, o que representa um potencial inexplorado no uso de máquinas baseadas em tecnologias digitais. Bandoni (2016, p. 52) ainda afirma que “objetos conectados e a Internet das coisas são promessas de grande potencial”, possibilitando a interação dinâmica entre usuários e produtos, unindo o mundo físico e o digital. Segundo Magri (2015), a OpdenDesk.cc é um exemplo de empresa voltada para o setor de design de mobiliários que trabalha com essa visão inovadora entre o virtual e o físico. Trata-se de uma plataforma que oferece de forma gratuita o *download* dos projetos de mobiliários disponíveis *online*, disponibilizando uma relação de *makers* locais mais próximos para a materialização dos produtos.

4 MATERIAL E MÉTODOS

A primeira iniciativa para o desenvolvimento do experimento foi identificar e selecionar um profissional que possuía conhecimento técnico para projetar mobiliários por intermédio das tecnologias subtrativas CNC. O participante deveria desenvolver um banco, visto que é um móvel de tipologia simples para projetar e confeccionar. A projetista voluntária teve o prazo de até 15 dias para a criação e desenvolvimento do projeto, e após a finalização seria feito o acompanhamento através da observação direta do pesquisador da fabricação do produto.

Além disso, a fabricação do mobiliário desenvolvido pela participante foi realizada entre os dias 16/12/20 e 17/12/20, na cidade de São Paulo (SP,) levando em consideração as principais medidas de segurança para proteção de todos os envolvidos durante o processo de fabricação do produto, ocorrido durante a pandemia causada pelo vírus COVID-19. Para isso, os profissionais tiveram que apresentar teste negativo para dar início ao experimento, além de serem checadas as temperaturas corporais e a utilização de máscara durante o processo de fabricação do mobiliário. O acompanhamento do experimento foi feito por meio da observação direta do pesquisador, descrevendo o processo através de textos e registros fotográficos todo o processo de fabricação do objeto, que ocorreu em uma empresa que realiza serviços diversos envolvendo corte e usinagem CNC.

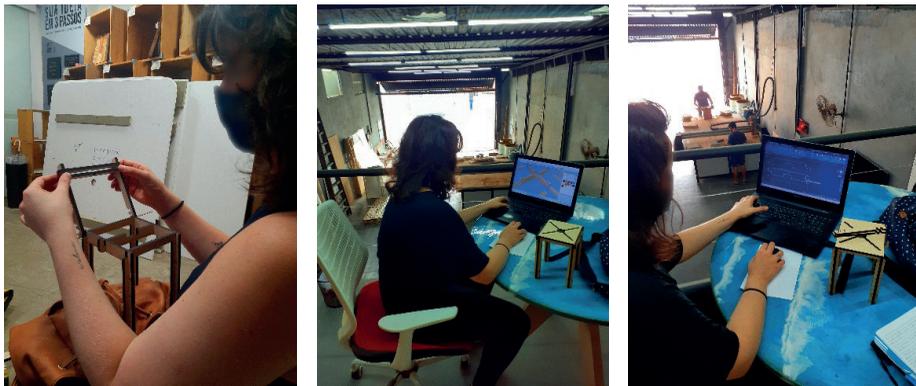
Figura 1 – Representação esquemática de localização do experimento



Fonte: elaborado pelos autores

Por conseguinte, a participante foi acompanhada até a empresa executora do projeto para dar início à produção do mobiliário, decidindo começar o experimento com a fabricação de um modelo em escala reduzida de 1:5. Sendo assim, foi entregue um arquivo digital do projeto desenvolvido, onde foram feitos ajustes na escala dos desenhos, levando em consideração o tamanho do modelo, o material escolhido para confecção (no caso MDF de 3 milímetros de espessura) e o processo de corte, que foi a laser. O modelo serviu para testar os encaixes das peças, a proporção e os aspectos estéticos do objeto, avaliando também possíveis ajustes ou alterações no desenho final. No caso, após a finalização da montagem do modelo, a participante percebeu a necessidade de alterar o desenho para que o assento do banco pudesse ficar mais seguro e estável, como também aumentar a largura de algumas peças e deixar algumas linhas do objeto mais orgânicas. A projetista ressaltou a importância de testar os encaixes no protótipo em escala reduzida, como também de testar as modificações no modelo tridimensional, mesmo que de forma virtual, com uma atenção maior às dimensões e medidas do objeto (Figura 2).

Figura 2 - Montagem do protótipo e alterações no desenho do mobiliário



Fonte: elaborado pelos autores

Após as alterações feitas no modelo tridimensional, utilizando o software SketchUp, a participante importou os desenhos para o AutoCAD e começou a organizar o plano de corte, executando de forma manual (sem a utilização de plugin ou software para otimização de desenhos) a disposição dos desenhos bidimensionais. O plano de corte deveria ser otimizado para que não gerasse desperdício de material durante o processo, levando em consideração também um espaço de 20 mm entre os desenhos para que a fresa possa perfurar com segurança cada peça que compõe o objeto.

Figura 3 – Planejamento, configuração da máquina e teste de referência no material



Fonte: elaborado pelos autores

A projetista juntamente com o operador da máquina planejou o processo de corte junto à router CNC, definindo o posicionamento dos bones (furos cilíndricos que referenciam por onde a fresa passa, necessários para encaixar alguns tipos de peças), planejando o percurso da fresa e realizando um teste de referência antes de enviar o projeto do mobiliário para ser fabricado (Figura 3), fundamental para verificar a qualidade do corte do material e para avaliar os efeitos da variação

de espessura ao longo da chapa plana de MDF. Observou-se, após a finalização do teste de referência, a necessidade de trocar a fresa por uma nova, devido ao excesso de rebarba solta do compensado gerado durante o corte.

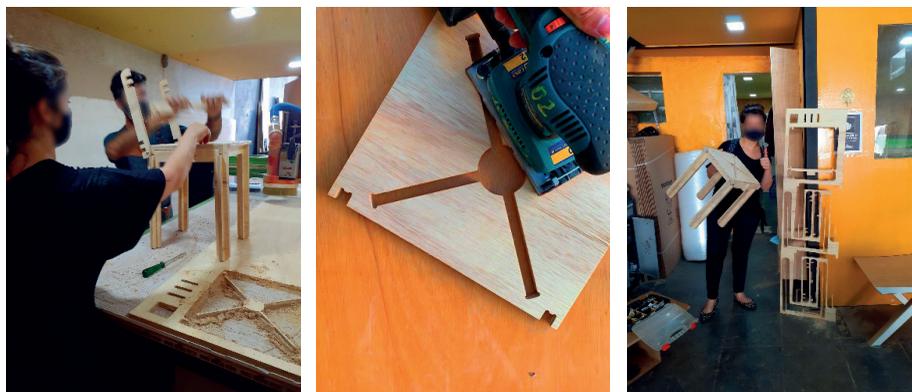
Figura 4 – Fabricação, retirada das peças e montagem do mobiliário



Fonte: elaborado pelos autores

Após o teste de referência e a troca da fresa, o operador da máquina enviou o arquivo digital do mobiliário para dar início à fabricação do objeto. Durante o processo de fresagem das peças, a projetista aguardou a finalização da máquina, sem interação alguma com o processo de fabricação. Após o término do corte, foi utilizada uma chave de fenda para retirar as peças presas na chapa e separá-las, agrupando-as e organizando-as sobre a mesa de sacrifício da máquina. Em seguida, a projetista começou a montar o objeto, partindo da base do mobiliário, das peças maiores até as peças menores que estruturam o topo do objeto, testando e verificando todos os encaixes e estabilidade do mobiliário (Figura 4). Para a finalização do objeto, ainda foi necessário lixar todas as faces das peças que compunham o mobiliário, principalmente as faces por onde a fresa passou durante a fabricação, para retirar pequenas lascas de madeira que se soltaram durante o processo de fresagem (Figura 5).

Figura 5 – Montagem, acabamento e finalização do mobiliário projetado



Fonte: elaborado pelos autores

Sendo assim, foram observadas as seguintes etapas do processo de desenvolvimento do mobiliário produzido por intermédio das técnicas de fabricação digital com a profissional voluntária deste estudo:

Figura 6 – Etapas do processo de desenvolvimento do produto



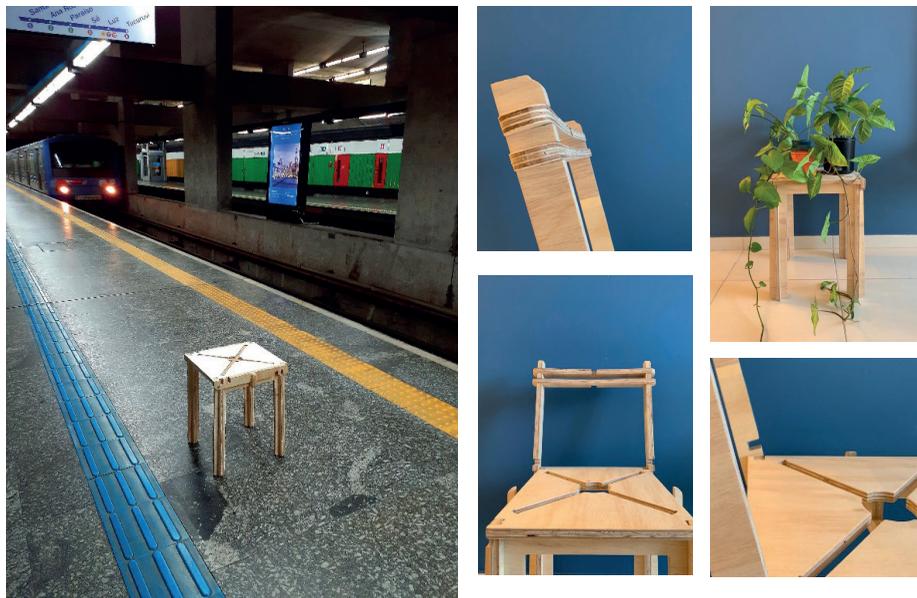
Fonte: elaborado pelos autores

5 RESULTADOS

O móvel resultante do projeto possui 35 cm de largura por 35 cm de comprimento e 43,05 cm de altura. Sua forma tridimensional é de um paralelepípedo reto, com a predominância de linhas retas combinadas com linhas curvas em extremidades para suavizar o desenho e evitar quinas pontiagudas. O banco é composto por dez peças planas de 15 mm de espessura, em compensado naval, montado inteiramente por encaixe, sem a presença de colas ou pregos, com apenas dois parafusos em aço carbono bicromatizado, rosca e arruela. O mobiliário é leve, de fácil montagem e desmontagem, e pode ser usado como banco, mesinha lateral e ainda como cadeira, por meio de duas peças adicionais encaixadas no assento que formam um encosto.

Figura 7

Imagens do mobiliário produzido por meio das técnicas de fabricação digital



Fonte: elaborado pelos autores

Uma grande oportunidade para profissionais desenvolverem projetos complexos é o fato de que o projetista passa a ter maior domínio sobre o processo de fabricação, o que permite controle de um objeto fiel ao que foi pensado e projetado.

Por ser fabricado por intermédio de uma router CNC, o móvel pode ser reproduzido com alto nível de precisão em qualquer lugar que possua este tipo de tecnologia, por meio de um arquivo digital com as informações necessárias para a replicação do objeto. O mobiliário produzido possui em algumas extremidades de suas peças pequenos furos arredondados, característicos nos mobiliários produzidos mediante tecnologia digital, chamados de bones ou orelhas de Mickey, por serem fabricados através de uma fresa cilíndrica, a qual perfura o material e faz a fresagem das peças. Tais furos também contribuem para determinados tipos de encaixes ao unir e permitir o encaixe de uma peça na outra.

Por fim, uma das principais características observadas na marcenaria digital é que o processo de fabricação é feito praticamente com a utilização de apenas uma máquina, existindo pouca interferência humana durante a produção, o que reduz o número de processos de fabricação (e dependendo de fatores, como número de partes e espessura do material a cortar, pode também reduzir o tempo de confecção de um móvel). As peças resultantes têm precisão milimétrica e, em muitos casos, essa precisão permite encaixes justos e perfeitos, o que dispensa a necessidade de parafusos ou colas para fixação das peças, tornando os mobiliários mais fáceis de serem montados e desmontados.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o avanço das tecnologias de controle numérico computadorizado, observa-se uma transformação nos processos de criação e fabricação de objetos. Essa mudança requer dos designers um conhecimento técnico específico, por questões relacionadas ao *modus operandi* da tecnologia, trazendo novos desafios e oportunidades para os projetistas. Uma grande oportunidade para profissionais desenvolverem projetos complexos é o fato de que o projetista passa a ter maior

domínio sobre o processo de fabricação, o que permite controle de um objeto fiel ao que foi pensado e projetado. Tal fator representa ao mesmo tempo um desafio, pois requer do projetista maior conhecimento e atenção na elaboração dos desenhos bidimensionais e modelos volumétricos em 3D. Erros na elaboração dos desenhos no computador podem comprometer os encaixes das peças e a estruturação do móvel como um todo. Nesse sentido, a confecção de um protótipo preliminar em escala reduzida contribuiu para testar os encaixes e identificar possíveis erros projetuais, bem como permitiu avaliar a proporção e a forma plástica de como seria o objeto finalizado.

Assim, o objetivo principal deste artigo, que é descrever o processo de fabricação de um mobiliário desenvolvido por intermédio das técnicas de fabricação digital, em específico com a utilização das tecnologias subtrativas CNC, controladas por comando numérico computadorizado, buscando a discussão de diferentes processos de desenvolvimento de produtos no campo do design de mobiliário, foi alcançado. O avanço das novas tecnologias e ferramentas é constante e requer dos profissionais o conhecimento dessas novas formas de fazer, por meio de máquinas que podem contribuir com uma técnica de produção mais racional, oferecendo a possibilidade de um melhor aproveitamento de tempo, energia e recursos na fabricação de móveis.

REFERÊNCIAS

ALCÂNTARA FILHO, Jorge; MENDES, Letícia. Um experimento de fabricação digital: parametrização, prototipagem e fabricação de painel. *Revista Geometria Gráfica*, Recife, PE, v. 1, n. 1, p. 81-98, 2017.

ANDERSON, Chris. *Makers: a nova revolução industrial*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

BANDONI, Andrea. Já não se fazem objetos como antigamente. In: MEGIDO, Victor Falasca (org.). *A revolução do design: conexões para o século XXI*. São Paulo: Editora Gente, 2016. p. 50-61.

BARROS, Alexandre Monteiro de. *Fabricação digital: sistematização metodológica para o desenvolvimento de artefatos com ênfase em sustentabilidade ambiental*. 102 f. Dissertação (Mestrado em Design) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

EYCHENNE, Fabien; NEVES, Heloisa. *Fab Lab: a vanguarda da nova revolução industrial*. São Paulo: Fab Lab Brasil, 2013.

FLUSSER, Vilém. *O mundo codificado: por uma filosofia do design e da comunicação*. São Paulo: Ubu Editora, 2017.

FRANÇA, Rodrigo Braga; MIRANDA, Carlos Alberto Silva de. Design, inovação e empreendedorismo nos espaços makers. *Blucher Design Proceedings*, São Paulo, SP, v. 6, n. 1, 2019. DOI: 10.5151/ped2018-6.2_ACO_02

GERSHENFELD, Neil. *Fab: the coming revolution on your desktop – from personal computers to personal fabrication*. New York: Basic Books, 2007.

GERSHENFELD, Neil. How to Make almost anything: the digital fabrication revolution. *Foreign Affairs*, Nova Iorque, v. 91, n. 6, p. 43-57, 2012.

LEFTERI, Chris. *Como se faz: 92 técnicas de fabricação para design de produtos*. São Paulo: Blucher, 2013.

MAGRI, Paulo Henrique Gomes. *A digitalização do design de mobiliário no Brasil: panorama e tendências*. 276 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

MARAVILHAS LOPES, Sérgio Paulo; MARTINS, Roberto S. B. FAB LABS: estímulo à inovação, usando a fabricação digital. *Revista Gestão Inovação e Tecnologias*, Aracaju, SE, v. 6, n. 4, p. 3499-3514, 2016.

MINEIRO, Érico; MAGALHÃES, Cláudio. Da fabricação digital para o design: propriedades emergentes e implicações. *Blucher Design Proceedings*, São Paulo, SP, 2019. DOI: 10.5151/ped2018-6.1_ACO_02

OLIVEIRA, A.; E SAKURAI, T.. O movimento DIY na década de 1970 e a difusão de um mobiliário nômade. P 1757-1766 in *Anais do 13º Congresso Pesquisa e desenvolvimento em Desig*. São Paulo: Blucher, 2018.