

FÁBRICA DIGITAL: UM ESTUDO PROPOSITIVO PARA MOVELARIA COM PLACAS DE FIBRAS DE MADEIRA DE MÉDIA DENSIDADE (MDF).

FÁBRICA DIGITAL: UN ESTUDIO PROPOSITIVO PARA MOVELARIA CON PLACAS DE FIBRA DE MADERA DE DENSIDAD MEDIA (MDF).

DIGITAL FACTORY: A PROPOSITION STUDY FOR FURNITURE INDUSTRY WITH MEDIUM DENSITY FIBERBOARD (MDF).

Eixo 1 – Procedimentos projetuais inovadores

FONSECA DE CAMPOS, Paulo E.

Professor Doutor - FAUUSP.

LARA, Arthur H.

Professor Doutor - FAUUSP.

MAGRI, Paulo H. G.

Mestrando - FAUUSP.

Resumo:

O presente artigo apresenta reflexões sobre *lean thinking* (pensamento enxuto), Open Design e Fabricação Digital em busca de conexões para a organização de um modelo de negócio voltado ao campo moveleiro com uso de tecnologias da informação para o processamento do produto. O objetivo é de um estudo propositivo sobre um modelo de negócio para a indústria moveleira baseado na mentalidade enxuta valendo-se do uso da fabricação digital para produção e da participação ativa em redes colaborativas de “*Open Design*” para desenvolvimento de produtos.

Palavras-chave: Mentalidade Enxuta; Gestão do Design; Open Design; Fabricação Digital, Movelaria.

RESUMEN:

Este artículo presenta reflexiones sobre el lean thinking (pensamiento magro), Open Design y Fabricación Digital en busca de conexiones para la organización de un modelo de negocio orientado al campo de los muebles con el uso de tecnologías de la información para la elaboración del producto. El objetivo es un estudio propositivo sobre un modelo de negocio para la industria del mueble basada en el pensamiento lean con la utilización de la fabricación digital para producción y la participación activa en redes de colaboración "Open design" para el desarrollo de productos.

Palabras-clave: Pensamiento Lean, gestión del design, open design, fabricación digital, muebles.

ABSTRACT:

This Article presents reflections on lean thinking, open design and digital fabrication in search of connections to the organization of a business model aimed at the furniture field with the use of information technology for processing the product. The goal is a purposeful study on a business model for the furniture industry based on lean production reliant on the use of digital manufacturing for production and active participation in collaborative networks of “Open Design” for product development.

Keywords: Lean Thinking; Design Management; Open Design; Digital Fabrication; Furniture industry.

FÁBRICA DIGITAL: UM ESTUDO PROPOSITIVO PARA MOVELARIA COM PLACAS DE FIBRAS DE MADEIRA DE MÉDIA DENSIDADE (MDF).

Introdução

Após a Segunda Guerra a Escola Americana da Qualidade criou raízes fortes no Japão e influenciou profundamente sua filosofia de administração (Maximiano, 2004: 207) e uma das empresas que mais aproveitaram os princípios desta escola foi a indústria automotiva Toyota.

Nos anos 1950 (Maximiano, 2004: 209), Eiji Toyoda e Taiichi Ohno criaram o Sistema Toyota de Produção, baseado principalmente nas técnicas de Henry Ford e Frederick Taylor, procurando fazer uma versão sintetizada e melhorada dos conceitos destes pioneiros. Mas o Japão não disponibilizava dos mesmos recursos e facilidades encontradas no Ocidente, o país estava devastado e sua extensão e configuração geográfica não eram adequadas para a instalação de grandes depósitos e megaindústrias necessárias aos moldes da Escola Americana da Qualidade. Estes desafios se somaram à falta de recursos que afetava a indústria japonesa na época evocando a necessidade de se criar uma linha de produção peculiar que eliminasse os desperdícios percebidos na indústria americana, surgindo assim o conceito de produção enxuta.

Segundo Ohno(1997:25) o Japão perdeu a Guerra no dia 15 de agosto de 1945 e foi então que Toyoda Kiichirō (1894 – 1952), intrigado com estudos que mostravam que a produtividade nos Estados Unidos era nove vezes maior que no Japão, concluiu que a razão desta diferença deveria estar ligada ao desperdício e desde então esta ideia marcou o início do Sistema Toyota de Produção.

O termo “*Lean Thinking*”, conhecido como produção enxuta, tem suas raízes na reação da indústria automotiva japonesa Toyota após a derrota do Japão na Segunda Guerra Mundial. Devido a forte recessão em decorrência da guerra, somado à concorrência dos produtos americanos no período da Guerra Fria, entre outros fatores, a empresa japonesa modificou sua filosofia de relações com a cadeia produtiva potencializando as atividades que criam valor para o produto e para os serviços, eliminando os desperdícios e fabricando com qualidade. Assim criaram uma abordagem conhecida

como produção enxuta (*lean production*), “que consiste em fabricar com o máximo de economia de recursos” (Maximiano, 2004: 208).

Segundo Womack (2004) a abordagem do “*lean thinking*” está baseada em cinco conceitos que são: valor, fluxo de valor, fluxo, puxar e perfeição. O valor se refere ao valor percebido e somente poderá ser definido pelo cliente final, porém, é criado pelo produtor (fabricante ou prestador de serviço). A grande dificuldade na especificação de valor é tomar a perspectiva do cliente final, pois geralmente os produtores mantêm certos vícios conceituais sob os quais criam uma expectativa enganosa de criação de valor, muito comum na Escola Americana que entendia o cliente como um consumidor em massa.

O fluxo de valor se refere a todo o processo que ocorre dentro de uma empresa para a realização de um produto, passando pela solução de problemas (da concepção ao lançamento), pelo gerenciamento da informação (do recebimento do pedido à entrega) e pela transformação física (da matéria prima ao produto acabado). Este processo deve ser identificado para que se possa avaliar o fluxo de valor detectando assim os focos de desperdício, seja ele de matéria prima, tempo ou processos. As etapas que não criam valor devem ter sua necessidade avaliada e se possível devem ser eliminadas do processo.

O terceiro conceito do “*Lean Thinking*” conhecido como fluxo se refere à fluidez do valor no processamento do produto (fluxo produtivo) dentro da empresa. Além do valor de custo o produto pode ter outros valores agregados que podem estar relacionados com a afetividade, a marca, os materiais ou muitos outros atributos que criam uma mais valia. Uma vez que seu valor tenha sido especificado, seu fluxo de valor tenha sido mapeado e o ciclo de vida determinado, é necessário garantir que cada etapa do processamento esteja efetivamente agregando valor ao produto, é o fluxo de atividades que cria valor para um produto específico. Womack (2004) defende que para isso é necessário manter o pensamento contrário ao pensamento tradicional de produção por departamentos e lotes, o qual gera períodos de espera dentro do processo. O pensamento em fluxo não é intuitivo, uma vez que para maioria das pessoas parece óbvio que o trabalho deva ser organizado em departamentos e lotes, isso exige que se repense as empresas, funções e carreiras.

O quarto conceito, puxar, ou produção puxada, se refere a deixar que o cliente puxe o produto em vez de produzir em massa gerando grandes estoques que precisam ser empurrados para o cliente. É um conceito que vai ocorrer naturalmente após a implantação dos outros três conceitos e seu primeiro efeito visível é a redução no tempo e espaço para o desenvolvimento e para o processamento do produto. Somente será produzido aquilo que os clientes dizem que precisam, documentado em um pedido ou contrato, eliminando os estoques de produtos que se imaginou serem necessários a clientes que se imaginou existirem, ação característica do sistema de departamentos e lotes. Além disso, o estoque de matéria prima também é reduzido, possibilitando uma grande vantagem logística entre fornecedores e fabricantes.

O conceito de produção puxada, segundo Lemos (1999), tem como objetivo utilizar da maneira mais racional possível os recursos disponíveis e não só o pedido do cliente que faz com que a produção seja puxada, o conceito envolve a ideia da eliminação de energia fazendo com que o produto seja literalmente puxado pelo operário reduzindo o esforço no trabalho. No Sistema Toyota de Produção o trabalho foi dividido em células e cada operário se responsabiliza por sua produção. Para o controle da responsabilidade foi criado um cartão chamado *Kanban* que funciona como um regulador da produção ou um elemento de controle da produção viabilizando o sistema puxado.

O quinto conceito, a perfeição, sugere que após a implantação dos quatro conceitos anteriores o produto deverá tender à perfeição, uma vez que a produção puxada revelará os obstáculos ao fluxo e os desperdícios desnecessários, facilitando a compreensão do produto perfeito para um cliente específico.

Esta filosofia foi adotada pela Toyota no período da chamada Segunda Revolução Industrial, reconhecida pela passagem dos utensílios às máquinas. Hoje vivemos a Terceira Revolução Industrial, que assimila a passagem das máquinas para os robôs (Flusser, 2010:42). Como toda revolução esta também exigirá que o homem tenha uma nova visão sobre a forma de produção e até de utilização dos objetos.

A fábrica do futuro será certamente muito mais flexível do que a actual e contribuirá para a redefinição da relação entre o ser humano e o objecto de uma forma completamente nova. (FLUSSER, 2010. p. 43).

Alvin e Heidi Toffler (2003:109) descrevem as revoluções como ondas, e à Revolução Digital denominaram Terceira Onda. Eles defendem que nesta situação as organizações tratam de subtrair funções ou subcontrolá-las para que permaneçam magras. O objetivo é reduzir ao mínimo seu pessoal, desenvolvendo as atividades em localidades dispersas.

Acreditando nestas novas possibilidades, o objetivo estabelecido neste artigo foi o de fazer um exercício de criação para uma Fábrica Digital de mobiliário produzido com placas de fibras de madeira de média densidade (MDF). Para validação desta teoria, baseou-se nas definições de Gerber (2010) sobre os princípios do “*Lean Construction*”: eliminação de resíduos; redução de custos; melhoria da produtividade; trabalho em equipe; criação de resultados positivos de projeto.

Algumas características da Fabricação Digital (FD) podem ser diretamente associadas aos conceitos do “*Lean Thinking*”, sobretudo no setor produtivo das empresas, onde as máquinas são implantadas. Geralmente máquinas de FD apresentam novas possibilidades produtivas e, no caso específico do trabalho com o MDF, estas máquinas trazem a eliminação de setores fabris por meio da aglutinação de processos. Tomemos como exemplo um centro de usinagem CNC para placas de madeira (figura 01), que possui um cabeçote com várias ferramentas que reproduzem o trabalho de marcenaria. A troca automática seguida da simulação pode eliminar várias etapas dos processos manuais da manufatura moveleira, com a vantagem de o produto sair acabado da máquina.



Figura 01 – Usinagem CNC.

Fonte: <http://www.homaq.com.br/pt/products/productdatabase/Pages/Venture316.aspx> Acessado em 25/11/12.

Para o trabalho com MDF não se pode deixar de comentar a necessidade de certificações para garantir que a matéria prima seja proveniente de fontes que não agridam a natureza, por isso recomenda-se o uso de MDF certificado com o selo FSC (*Forest Stewardship Council*)¹, que garante que a madeira utilizada para a sua produção seja proveniente de manejo sustentável e serem classificados na classe E1 de qualidade de acordo com a norma EN 312-1 da Comunidade Europeia para painéis feitos de madeira. Recomenda-se também a adequação da empresa ao selo LEED (*Leadership in Energy & Environmental Design*) para garantir assim a aplicação da mentalidade enxuta e a preservação ambiental.

Uma abordagem pela perspectiva da Gestão do Design.

Para Willock (1981 apud MINUZZI, 2003:3) gestão do design é “colocar em contato o talento do design com as oportunidades de mercado”. Enquanto para Gorb (1990 apud MINUZZI, 2003:3) trata da operacionalização dos recursos de design disponíveis para atender aos objetivos. Já para Wolf (1998 apud MINUZZI, 2003:3) é a organização e a coordenação de todas as atividades de design, tendo em vista os objetivos definidos da empresa. Para Borja de Mozota (2002 apud MINUZZI, 2003:3) é a implantação do design como uma atividade programada e formalizada na organização, com a função de coordenar os recursos do design em todos os níveis de atividade visando atender aos objetivos da empresa. Desta forma, em uma empresa que produz a partir destas novas metodologias do design, a gestão do design ocupa uma posição central no processamento do produto, procurando focar o diferencial do produto como estratégia de produção e mercado.

Este artigo propõe a integração de funções pela gestão do design na fábrica digital de móveis de MDF. Assim como as máquinas digitais eliminam setores produtivos, a gestão do design deve se ocupar pela diluição e fusão de setores técnico/administrativos existentes na fábrica tradicional. Como o setor de planejamento e controle de produção, que no modelo tradicional de fabricação organiza a produção com relação aos pedidos expedidos. Em uma fábrica digital todo o processo é canalizado a uma equipe de design comandada por um gestor de

¹ *Forest Stewardship Council* – Conselho de manejo sustentável: órgão internacional que certifica o uso de madeiras provenientes de manejo sustentável. www.br.fsc.org

design. Esta equipe se ocupa da concepção ao lançamento, da matéria prima ao produto acabado e da venda à entrega.

A nível empresarial e operacional, a gestão do design tem um centro de atenção: a integração de funções.

A chave que abre as portas para o êxito de um produto é a integração das disciplinas e a atenção prestada às seguintes questões relacionadas com o produto:

- Estratégia do produto;
- Processo de desenvolvimento;
- Organização das actividades.

(CENTRO PORTUGUÊS DE DESIGN. 1997. p.25/26).

A figura 02 apresenta o organograma de uma indústria tradicional de móveis de madeira equipada com maquinário de base eletromecânica, já a figura 03 apresenta o organograma para aplicação em uma fábrica digital de móveis fabricados com MDF.

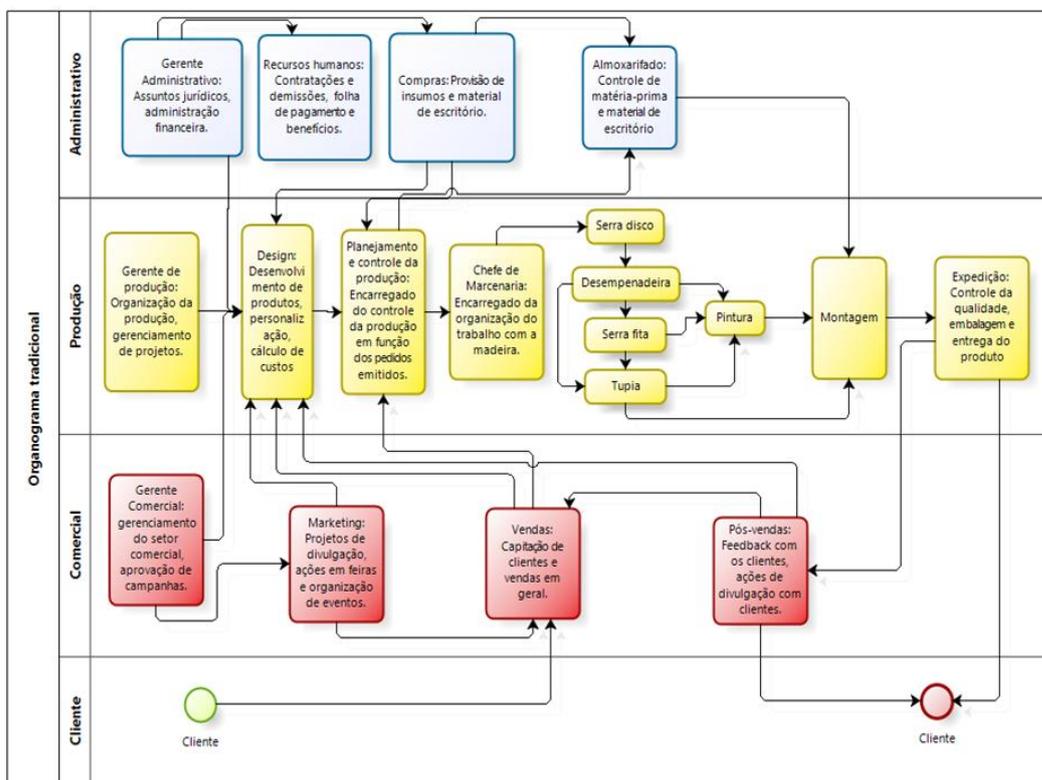


Figura 02 - Organograma de indústria de móveis de madeira com maquinário de base eletromecânica.

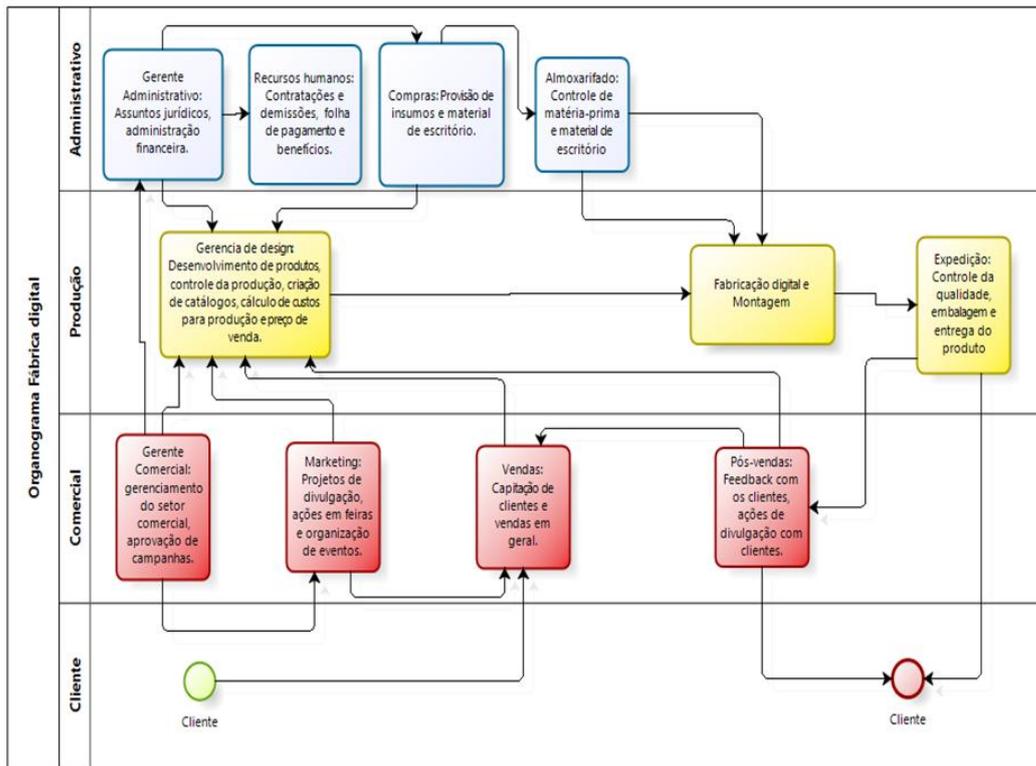


Figura 03 - Organograma de indústria de móveis de madeira com maquinário de base digital.

Na comparação entre os dois organogramas, podemos perceber que a FD elimina processos no setor produtivo, caracterizando a produção enxuta. Diversos postos no fluxo produtivo são eliminados porque a FD reproduz o trabalho de diversas máquinas de marcenaria em basicamente uma máquina “Router” (fresadora em 03 eixos), a presença do elemento humano é menos necessária no processo digital, diminuindo o número de postos de trabalho e exigindo pessoal com conhecimentos específicos para o funcionamento do processo. Os setores administrativo e comercial também devem ser avaliados sob os mesmos conceitos, mas optou-se por focar o artigo no setor produtivo da empresa.

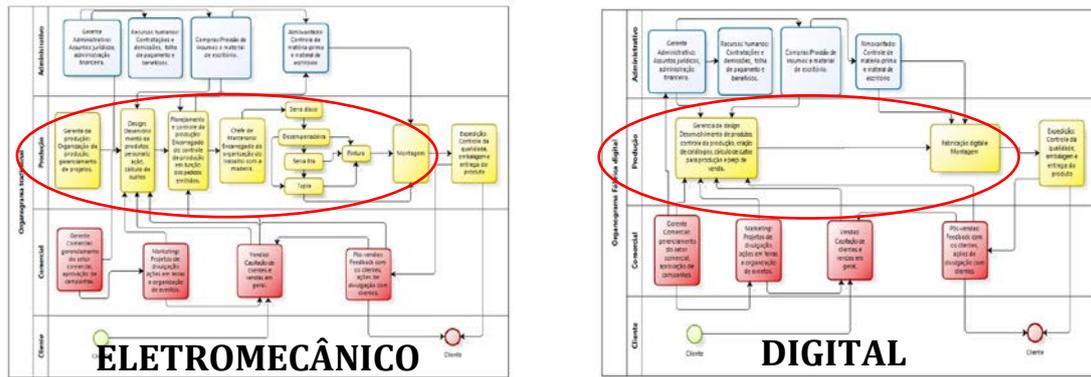


Figura 04 – Comparação dos organogramas de indústrias de móveis de placas de fibras de madeira com maquinário de base eletromecânica e de base digital.

Lean thinking + FD + Open Design

Para Troxler (2011), o *Open Design* é um projeto aberto de design cujos criadores e fabricantes permitem a sua distribuição e documentação gratuita além de modificações e derivações. Para Neves (2011) é adotar o sentido de co-criação ao invés de originalidade porque se acredita que as ideias pertencem ao mundo e que somente podemos dividir seus créditos. Para Ronen Kadushin², que publicou o *Open Design Manifesto* em seu site na internet, é a informação digitalizada em computador para representação matemática de elementos tridimensionais ou CAD (*Computer Aided Design*) publicada online sob uma licença *Creative Commons* para ser baixado, produzido, copiado e modificado. Assim, pode-se entender *Open design* como uma rede colaborativa para desenvolvimento do produto, formada por pessoas em todo o mundo. Esta equipe intercontinental potencializa o conceito de trabalho em equipe, princípio básico do *Lean Construction*. Por isso o *Open design* se torna objeto especulativo neste trabalho, tomando como teste inicial os produtos selecionados no concurso *Autoprogettazione 2.0* para a mostra “*The future in the making – Open design archipelago*”, realizada na Feira Internacional do Móvel de Milão 2012 pela revista Domus e parceiros, dos quais foram escolhidos dois projetos para uma releitura.

Esta releitura faz uma alusão ao efeito craquelado, obtido por técnica artesanal de pintura com verniz específico que cria um efeito de rachadura em madeiras e vidros.

² – Ronen Kadushin: Professor e designer nascido em 1964 em Israel é considerado o idealizador do Open Design. www.ronen-kadushin.com Acessado em 25/11/2012.

A modelagem paramétrica em conjunto com a FD possibilita a criação de aplicações personalizadas e exclusivas.

O primeiro produto é a mesa *Jig Saw*, de Massimo Barbierato³, a qual teve seu desenho extraído da internet e alterado com modelagem generativa com utilização do software *Rhinceros* e o *plug-in Grasshopper*. O objetivo das alterações é estético e não alteram o funcionamento do produto.

Desenho original:

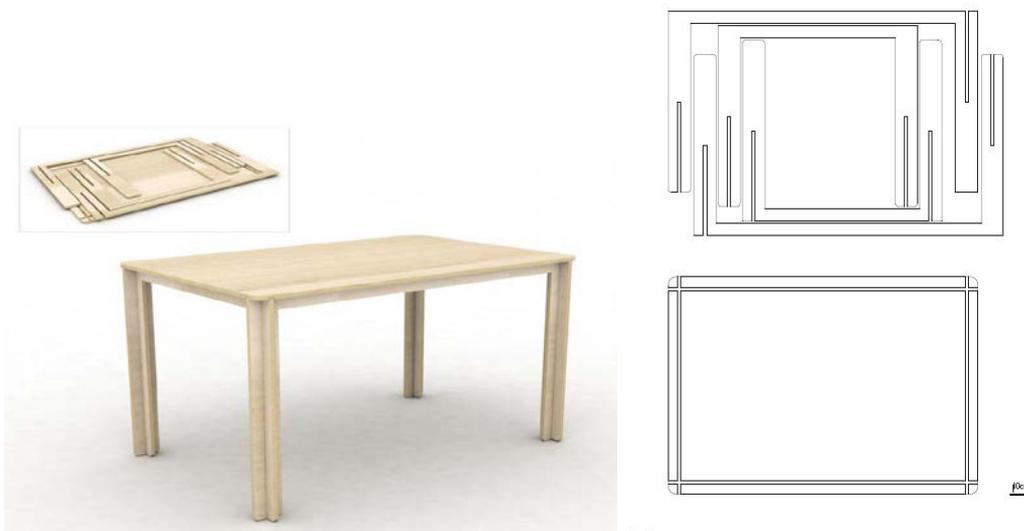


Figura 05 – Mesa Jig Saw
Designer: Massimo Barbierato

Fonte: <http://www.domusweb.it/en/news/autoprogettazione-20-on-display/>

Releitura:



³ – Massimo Barbierato – Designer italiano fundador arquiteto do laboratório2729 em 2007, Veneza.

Figura 06 – Releitura Mesa *Jig Saw*

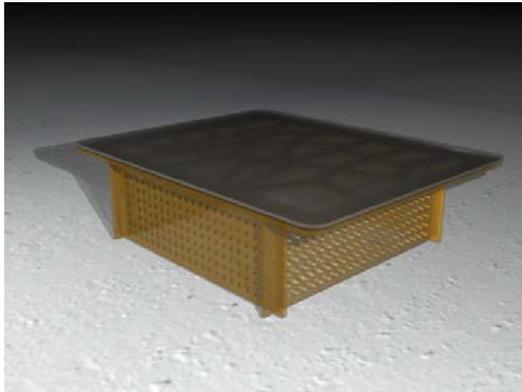


Figura 07 – Releitura mesa de centro *Jig Saw*.

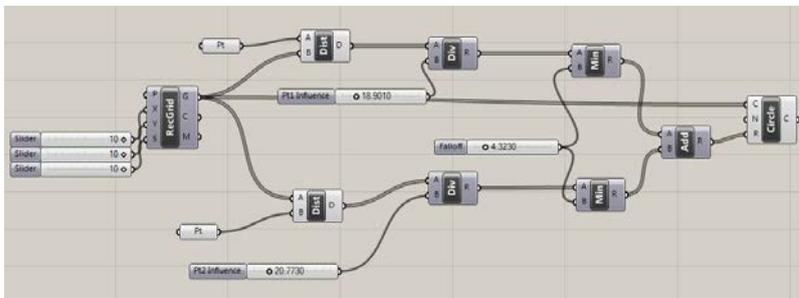


Figura 08 – Definição em *Grasshopper* para efeito na lateral da mesa de centro.

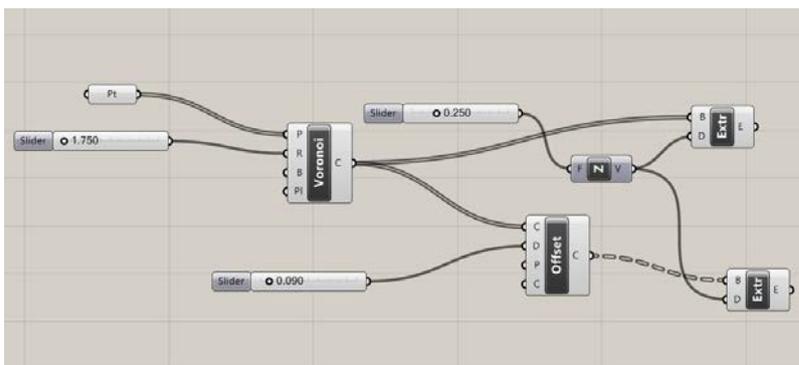


Figura 09 – Definição em *Grasshopper* para efeito no tampo da mesa.

A grande vantagem advinda da FD é a eliminação de setores produtivos e se imaginarmos a aplicação do processo tradicional de fabricação com máquinas

eletromecânicas para produção da mesa *Jig Saw* em seu formato original teríamos o seguinte:



Figura 10 – Fluxograma para produção da mesa *Jig Saw* com processo eletromecânico.

Enquanto na fabricação digital teríamos:

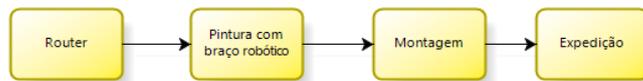


Figura 11 – Fluxograma para produção digital da mesa *Jig Saw*.

Neste caso a eliminação de setores se aproxima ao pensamento enxuto de produção.

Outro produto que recebeu uma releitura foi a mesa lateral *Wedge Table* do designer Andreas Kowalewski⁴, fabricada totalmente em madeira ou MDF (*Medium Density Fiberboard*) com montagem em sistema de encaixe. O objetivo das alterações é da ordem estética e não interferem no funcionamento do produto.

⁴ Andreas Kowalewski – Designer nascido em Berlim, Alemanha, seu trabalho é o resultado de experiências com as propriedades dos materiais e as mais recentes tecnologias de fabricação, o que lhe rendeu diversos prêmios desde 2009. Atualmente é líder criativo do Studio Amsterdam que foi fundado em 2011. www.andreaskowalewski.com acessado em 13/11/2012.

Desenho Original:

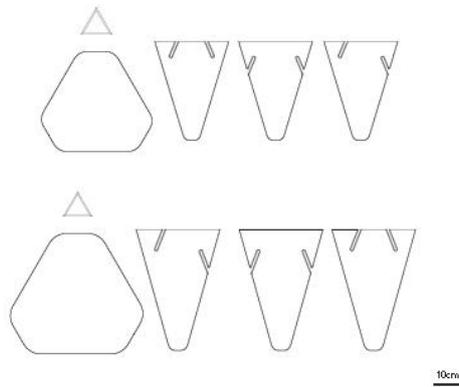


Figura 12 – *Wedge Table*.
 Designer: Andreas Kowalewski.
 Fonte: <http://www.domusweb.it/en/news/autoprogettazione-20-on-display/>

Releitura:

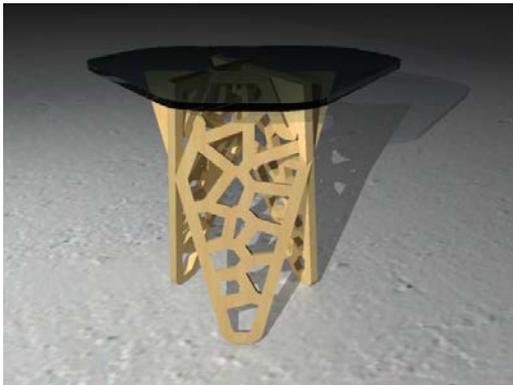


Figura 13 – Releitura da mesa *Wedge Table*.

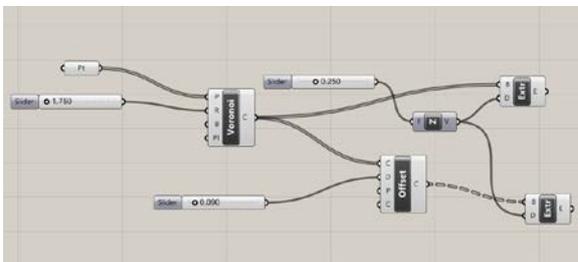


Figura 14 – Definição em *Grasshopper* para alterar o desenho.

Os novos desenhos foram publicados de forma livre em um mercado virtual para arquivos de design digital chamado “designoteca”⁵, de acordo com os princípios do *Open design*. A publicação gerou comentários e foi pedido que enviássemos os arquivos de modelagem generativa do *Grasshopper*⁶, o que em um primeiro momento não havia sido adicionado aos arquivos disponibilizados. Foram publicadas imagens na comunidade digital “grasshopper3d”⁷.

Na avaliação dos fluxogramas produtivos podemos observar novamente a eliminação de setores:



Figura 15 – Fluxograma para produção da mesa *Wedge Table* com processo eletromecânico.

Enquanto com a aplicação da fabricação digital:



Figura 15 – Fluxograma para produção da mesa *Wedge Table* com fabricação digital.

Assim como no caso anterior a eliminação de setores se aproxima ao pensamento enxuto de produção.

Conclusão

A fábrica digital por si mesma apresenta conceitos enxutos (diminuição de resíduos e de desperdícios) facilitando a aplicação da produção puxada, desta forma o valor é criado para o consumidor antes que o produto seja produzido. Já a participação em redes colaborativas potencializa o desenvolvimento dos produtos. Podemos concluir

⁵ www.designoteca.com acessado em 13/11/2012.

⁶ *Plug-in* de modelagem generativa aplicável ao software *Rhinoceros*.

⁷ Comunidade de troca de experiências com *Grasshopper*: www.grasshopper3d.com

que a aplicação dos conceitos aqui discutidos pode gerar a redução de custos por meio da descentralização da produção, uma vez que os arquivos digitais passam a ser um produto comercializável e sua produção pode ser feita em qualquer lugar que tenha a máquina necessária.

Isto significa redução de custo de desenvolvimento de produtos à praticamente zero, uma vez que o produto passa a ser desenvolvido em rede e de forma aberta. A eliminação de resíduos pode ser conseguida com utilização do software “*Rhinonest*” que calcula o melhor aproveitamento das chapas. Qualquer resíduo gerado pode ser reaproveitado para aplicação em peças menores ou peças decorativas. A melhoria da produtividade se dá pela eliminação de setores produtivos da fábrica tradicional em substituição por células de fabricação digital. O trabalho em equipe é potencializado pela participação em redes colaborativas para o desenvolvimento do produto. Esta rede cria resultados positivos para o projeto e tende a levar os produtos à perfeição.

As alterações realizadas nos produtos selecionados mostraram que a FD permite a personalização em um nível até então somente percebido em peças artesanais. Estas alterações trouxeram apenas uma mudança superficial e estética, melhorando sensivelmente a configuração formal dos produtos com uma aplicação básica e simples de modelagem generativa e até o fechamento deste artigo não houve mais comentários referidos aos desenhos publicados no mercado virtual.

REFERÊNCIAS:

CENTRO PORTUGUÊS DE DESIGN. **Manual de gestão de design**. 1. ed. Porto: Bloco gráfico, 1997. 198 p. (Coleção: Design, tecnologia e gestão).

Flusser, V. **Uma filosofia do design**. Relógio d'água: Lisboa, 2010.

Gerber, D. J.; Gerber, B.B.; Kuns, A. **Building information modeling and lean construction: technology, methodology and advances from practice**. In: 18th Annual Conference, International group for lean construction. 2010

Neves, H.; Rossi, D. **Open Design**. In: 8º Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produto, 2011. Porto Alegre.

Lemos, Ana C. D. **Aplicação de uma metodologia de ajuste do sistema kanban em um caso real utilizando a simulação computacional.** Dissertação (mestrado) – Programa de pós-graduação em engenharia de produção, Universidade Federal de Santa Catarina, 1999.

Maximiano, Antonio C. M. **Teoria geral da administração:** da revolução urbana à revolução digital. São Paulo: Atlas, 2004.

Minuzzi, R; Pereira, A; Merino, E. **Teoria e Prática na Gestão do Design.** In: 2o Congresso Internacional de Pesquisa em Design, 2003. Rio de Janeiro. Anais. Rio de Janeiro: AEND-BR, 2003. Disponível em: <<http://webmail.faac.unesp.br/~paula/Paula/teoria.pdf>>. Acessado em: 13 dez. 2010.

Ohno, Taiichi. **O Sistema Toyota de Produção:** além da produção em larga escala. Porto Alegre: Bookman, 1997.

Toffler, A.; Toffler, H. **Criando uma nova civilização:** a política da terceira onda. São Paulo: Record, 2003.

Troxler, Peter; Atkinson, Paul; Hummels, Caroline. **Open Design Now: Why Design Cannot Remain Exclusive.** Amsterdam: BIS publishers, 2011.

Womack, James P.; Jones, Daniel T. **A mentalidade enxuta nas empresas:** elimine o desperdício e crie riqueza. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.