



PROCESSO CRIATIVO E PRODUÇÃO DE PROTÓTIPO DO BANCO CATRACA COM BASE EM DIRETRIZES DO DESIGN PARA A SUSTENTABILIDADE

CREATIVE PROCESS AND PROTOTYPE PRODUCTION OF THE CATRACA BENCH BASED ON DESIGN FOR SUSTAINABILITY GUIDELINES

Ana Laura Alves^{1*}

Victor Augusto Vieira²

Tomás Queiroz Ferreira Barata³

* Autor para correspondência: ana.laura-alves@unesp.br

Resumo: Na contemporaneidade, é prioritário que *designers* se fundamentem em ações sustentáveis e estratégias projetuais visando reduzir o impacto ambiental da cadeia produtiva de produtos. Sendo assim, o objetivo deste estudo foi apresentar o processo projetivo e produtivo de um banco experimental com emprego de MDF, montado e estabilizado por meio de encaixes. Com base em uma revisão de literatura, delimitaram-se as diretrizes projetuais. Posteriormente, incorporou-se ao processo projetivo um *moodboard*, seguido de uma etapa de geração de alternativas virtuais com auxílio de *mockups* em papel e o planejamento da planificação do mobiliário na chapa de MDF. A produção do protótipo foi fundamental para analisar a concepção formal e estética do produto, bem como para ajustar e validar o sistema de montagem baseado em encaixes. Com os resultados obtidos, observou-se que o protótipo atendeu às diretrizes sustentáveis definidas no projeto e possui potencial para produção em plataformas de fabricação 4.0.

Palavras-chave: protótipo; MDF; mobiliário; *design* de produto; sustentabilidade.

Abstract: In contemporary times, it is a priority for designers to base themselves on sustainable actions and design strategies aimed at reducing the environmental impact of the product production chain. Therefore, the objective of this study was to present the design and production process of experimental stool using MDF, assembled and stabilized using fittings. From a literature review, the design guidelines were delimited. Subsequently, a mood board was incorporated into the

¹ Universidade Estadual Paulista (Unesp) – São Paulo (SP), Brasil.

² Unesp e Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) – São Paulo (SP), Brasil.

³ Universidade de São Paulo (USP) – São Paulo (SP), Brasil.

design process, followed by a stage of generating virtual alternatives with the aid of mockups on paper and the planning of furniture planning on the MDF. Prototype production was essential to analyze the formal and aesthetic design of the product, as well as to adjust and validate the fitting-based assembly system. From the results obtained, it was observed that the prototype met the sustainable guidelines defined in the project and has the potential for production in 4.0 manufacturing platforms.

Keywords: prototype; MDF; furniture; industrial design; sustainability.

INTRODUÇÃO

A atividade do *designer* envolve várias áreas do conhecimento, com a responsabilidade de atuar na transformação cultural e econômica, fundamentando seus projetos em conceitos de grande abrangência, com a devida atenção à sustentabilidade ambiental, social e econômica (preservação dos recursos naturais, qualidade de vida do homem e viabilidade econômica) (MANZINI; VEZZOLI, 2008; DE CARLI, 2012; FERROLI; LIBRELOTTO, 2012; ALVES *et al.*, 2015; BARATA *et al.*, 2016; BRAGA, 2019). Segundo Manzini e Vezzoli (2008) e Woods (2017), a sustentabilidade pode ser um plano estratégico para a preservação do ambiente, da cultura e da dignidade social das gerações. Nesse contexto, as mudanças culturais abrangem a população de modo geral, as políticas públicas dos estados, assim como as políticas empresariais (interna/externa) e seus produtos (VEZZOLI *et al.*, 2018).

Durante o processo de definição do *design* do produto e de seleção dos materiais, devem ser considerados os processos de transformação do material, suas formas de uso, vida útil e as possibilidades de desmontagem do produto para otimizar a logística de transporte e para o descarte e/ou de separação dos materiais para reciclagem, conjunto de ações que representa uma oportunidade de economia e uso consciente de matérias-primas durante a produção de um produto (MANZINI; VEZZOLI, 2008; HALLSTEDT; THOMPSON; LINDAHL, 2013; MEYER, 2014; ASHTON *et al.*, 2015; BRAGA, 2019). O *design*, resultado de um método projetivo e produtivo que envolve concepção, projeção e prototipação de um artefato ou sistema, pode ser um importante interlocutor do binômio estabelecido entre o homem e a tecnologia e suas várias inter-relações e/ou interações.

Sob a perspectiva do Design para a Sustentabilidade (DfS), no processo de concepção de produtos e/ou serviços sustentáveis faz-se necessário refletir a respeito do ciclo *cradle to cradle* (“do berço ao berço”), desde a criação do artefato/serviço até o seu reinventar, um reciclar ilimitado – ecoefetividade –, uma abordagem sistêmica do desenvolvimento de produto e da gestão de resíduos (BRAUNGART; McDONOUGH, 2013). Nesse contexto, recai sobre o *designer* a responsabilidade de delimitar diretrizes de projeto e metas em função das necessidades e exigências vinculadas à sustentabilidade da sociedade contemporânea (MANZINI; VEZZOLI, 2008; FERROLI; LIBRELOTTO, 2012; VEZZOLI *et al.*, 2018). Embora não considere a reinserção do produto após sua vida útil, o conceito de ciclo de vida de um produto de Manzini e Vezzoli (2008) é ainda muito disseminado e aplicado, compreendendo-se como um conjunto de processos reagrupados em: pré-produção, produção, distribuição, uso e descarte.

No conjunto das ações para o desenvolvimento de um projeto está a definição da matéria-prima com inúmeras opções, dentre as quais a madeira (VIANA, 2018; BRAGA, 2019). Usada em diferentes áreas de atividade, essa matéria-prima apresenta inovações relevantes no setor de fabricação de painéis (chapas de madeira). Os painéis de madeira são classificados em dois tipos: produzidos com madeira reconstituída (fibras e partículas de madeira) e aqueles obtidos de madeira processada mecanicamente. O painel de fibras de média densidade, o MDF (*medium density fiberboard*), é classificado como um painel de madeira reconstituída (ROSA *et al.*, 2007).

Segundo a NBR 15316-1 (ABNT, 2009), o MDF é uma chapa de fibras de madeira com umidade menor que 20% na linha de formação e densidade maior que 450 kg/m³. Tal norma é utilizada pelos fabricantes brasileiros de MDF e se baseia nas normas europeias (TORQUATO, 2008). O MDF, de acordo com a Associação Brasileira da Indústria de Painéis de Madeira (ABIPA, 2012), é fabricado pela aglutinação e compactação das fibras de madeira com adição de resina sintética, sob pressão e calor contínuos.

Em função de suas características mecânicas específicas, semelhantes às da madeira maciça, assim como a boa consistência, homogeneidade, ótima durabilidade, estabilidade dimensional e facilidade em seu torneamento, entalhe e usinagem, transporte facilitado, não demanda grande área fabril para estocagem e racionalização dos processos de transformação, o MDF é o painel mais consumido no setor mobiliário (ROSA *et al.*, 2007; ABIPA, 2012; PIEKARSKI, 2013; SAMBIASE; FRANKLIN; TEIXEIRA, 2013; EUCATEX, 2018). Contudo Valença, Roque e Souza (2013) apontam que o MDF não é indicado para projetos de mobiliários destinados a ambientes externos (intempéries), que requerem alta resistência ao impacto ou excesso de peso, bem como montagens e desmontagens frequentes.

No projeto elaborado por Barata *et al.* (2016) (figura 1), estabeleceu-se previamente que a matéria-prima seria a chapa de MDF e que o mobiliário deveria atender a diretrizes sustentáveis para o desenvolvimento de produto. O resultado obtido foi uma série de produtos para ambientes internos montados por meio de encaixes para a estabilização com acabamento (revestimento) de melamina. O projeto favorece o aproveitamento da chapa de MDF e facilita a armazenagem, o transporte e a montagem do mobiliário. A série de produtos elaborados por Barata *et al.* (2016) considera o aproveitamento das chapas no momento de transferir o desenho técnico executivo sobre a chapa de MDF, reduzindo assim o impacto ambiental gerado com sua produção e o custo do produto em conformidade com as orientações para produção sustentável de bens de consumo (ABNT, 2004; BRAGA, 2019).

Figura 1 – Processo de desenvolvimento (A e B) e protótipo (C) de mesa de reuniões



Fonte: Barata *et al.* (2016)

Com relação à tecnologia das indústrias brasileiras de MDF, ela é semelhante à das mundialmente reconhecidas (RIVELA; MOREIRA; FEIJOO, 2007). Entretanto as características próprias de cada cadeia produtiva nos diferentes países, como, por exemplo, composição da matriz elétrica, meios de transporte de insumos, destinação final de resíduos, entre outros, podem apresentar variações que resultam em diferentes impactos sobre o meio ambiente. Sendo assim, na perspectiva do ciclo de vida de um painel de MDF produzido em diferentes sistemas produtivos, variações de desempenho ambiental podem ser constatadas (RIVELA; MOREIRA; FEIJOO, 2007).

No Brasil, a principal fonte de matéria-prima usada na produção do MDF é a madeira de florestas plantadas de eucalipto e de pinus. O processo de fabricação ocorre com a aglomeração de fibras de madeira, resinas sintéticas e outros aditivos, de acordo com critérios de qualidade, utilizando madeira certificada como matéria-prima (ROSA *et al.*, 2007).

Conforme a Abipa (2012), as empresas fabricantes de MDF são comprometidas com o desenvolvimento sustentável, adotam ações de preservação ambiental e de responsabilidade

com as comunidades envolvidas. Para além disso, o manejo renovável e sustentável de suas plantações e da produção dos painéis garante a essas empresas certificações relevantes como a ISO 14.001 (norma ambiental), o Selo Verde, concedido pelo Forest Stewardship Council (FSC), o Selo Carbono Positivo, o certificado CARB (California Air Resources Board), entre outros (ABIPA, 2012; SAMBIASE; FRANKLIN; TEIXEIRA, 2013; EUCATEX, 2018).

Nesse contexto, a proposta do presente estudo foi desenvolver um projeto com diretrizes sustentáveis e executar a produção do protótipo de um mobiliário em MDF, montado e estabilizado por meio de encaixes e travas.

METODOLOGIA

O presente estudo tem um viés de investigação projetiva e experimentação física em laboratório e está estruturado nas seguintes etapas: fundamentação teórica acerca de aspectos da sustentabilidade no *design* de produto; estudo de material de fonte renovável e base florestal a ser empregado; definição do *briefing* do projeto; desenvolvimento do processo projetivo em *design* e produção e validação do protótipo. Vale ressaltar que o processo criativo e produtivo do produto se ramifica em: revisão de publicações específicas; definição de diretrizes sustentáveis; investigação de produtos similares; geração/seleção de alternativas e modelagem virtual paramétrica e processo produtivo do protótipo em laboratório.

Material

O MDF foi previamente estabelecido como a matéria-prima para o desenvolvimento do projeto e execução do protótipo. Para obter mais conhecimento técnico-científico, realizou-se uma pesquisa em publicações específicas a respeito do MDF, do processo de transformação da madeira, de produtos similares e do processo de produção de mobiliário. A tabela 1 apresenta o detalhamento do material utilizado no projeto.

Tabela 1 – Material empregado durante o desenvolvimento do projeto do mobiliário em MDF

Itens	Especificações
Matérias-primas	MDF com dimensões de 275x184x15 mm, <i>primer</i> PU, esmalte base d'água, Sayerlack® Aquaris na cor azul, massa branca para madeira – Sayerlack®10
Material auxiliar	Lápis de carpinteiro, papel sulfite, desenho executivo do projeto impresso em escala real, filme plástico, lixa para madeira
Software de modelagem paramétrica	SolidWorks®
Equipamentos	Serra circular Altendorf®, serra de tico-tico, serra de fita, serra copo, furadeira de mão, grosas, limas, lixadeira orbital elétrica e manual, lixadeira roto orbital pneumática

Fonte: Os autores

Procedimentos metodológicos

Os procedimentos metodológicos foram didaticamente categorizados em aprofundamento da revisão teórica, detalhamento do processo projetivo e atividades de produção e montagem do protótipo. A seguir são apresentadas as etapas:

- Revisão de publicações específicas a respeito do material que seria aplicado ao projeto (MDF);
- Estabelecimento de critérios e diretrizes de sustentabilidade vinculados ao *design* de mobiliário;

- c) Levantamento de produtos similares com foco em tipos de encaixe, uso de um ou mais materiais, tipos de acabamento e logística do produto;
- d) Geração e seleção de alternativas por meio de *sketches* manuais, assim como a criação de modelos em escala reduzida (papel);
- e) Modelagem virtual no *software* paramétrico SolidWorks®, com simulação dos encaixes e giro do tampo para travamento do conjunto;
- f) Elaboração do projeto de produção do produto (desenhos executivos) e planejamento de corte para o melhor aproveitamento da placa de MDF;
- g) Impressão do gabarito e processo de transformação da madeira em laboratório (corte/furação/lixamento);
- h) Montagem preliminar para testar os encaixes/travas, acabamento (lixamento/pintura) e montagem final.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em Resultados e Discussão, fez-se a divisão do conteúdo de forma didática em “Desenvolvimento projetual”, “Produção do protótipo” e “Protótipo”. Os dois primeiros blocos de informação, “Desenvolvimento projetual” e “Produção do protótipo”, se subdividem em tópicos de acordo com a metodologia demonstrada anteriormente.

Desenvolvimento projetual

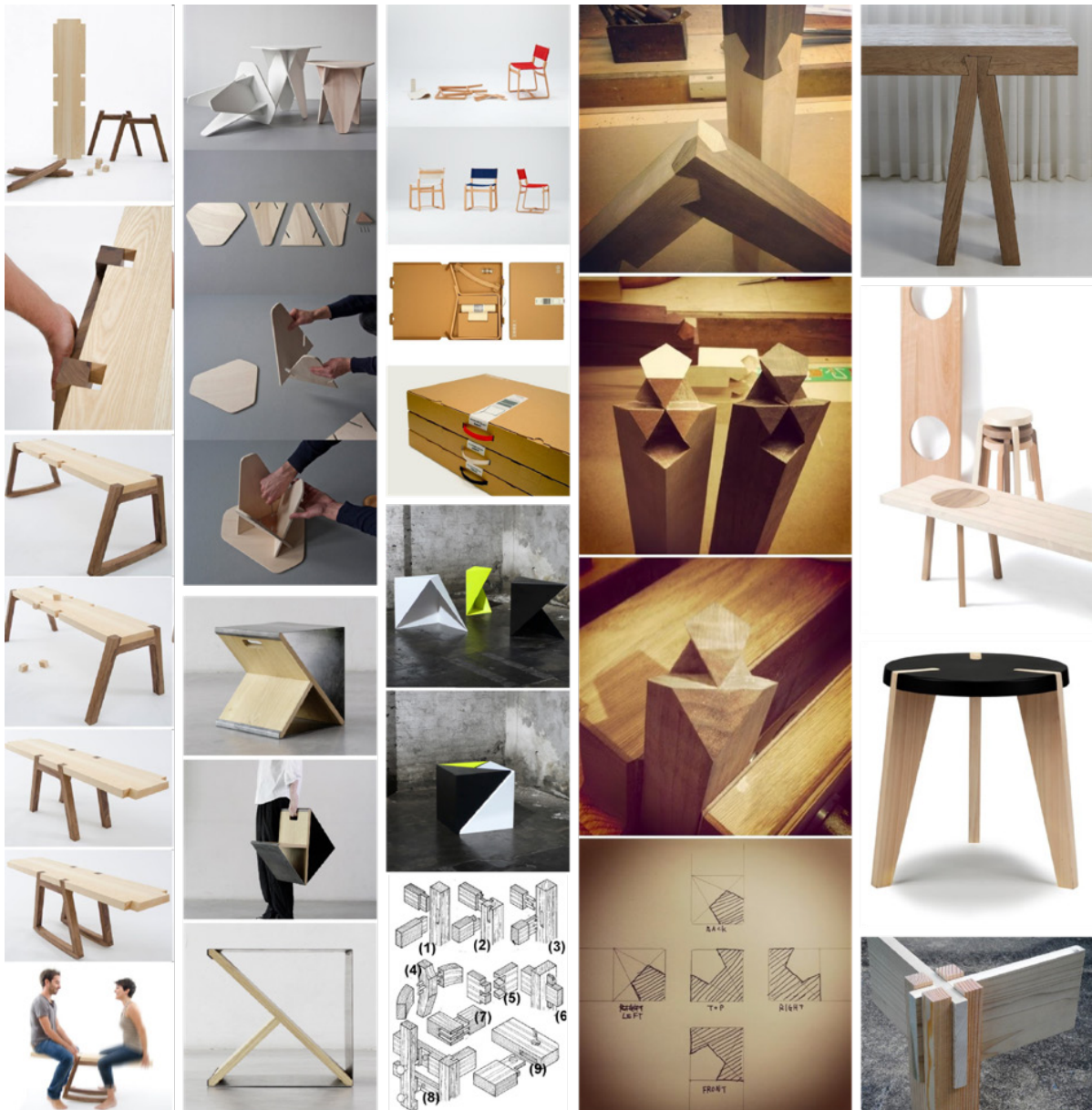
Durante a delimitação dos critérios/diretrizes atrelados ao *design* de produtos sustentáveis, elencaram-se aspectos da fase de pré-produção, produção, pós-produção, de uso e funcionalidade e de descarte:

- a) Fase de pré-produção: desenho com formas puras, desenho universal (produção realizada por meio de tecnologia amplamente difundida), produto com material único, matéria-prima reutilizável/longa duração/leve/oriunda de fontes administradas/certificação, planificação das peças considerando o transporte e armazenamento do produto, acabamento não tóxico das peças;
- b) Fase de produção: automontagem, construção leve, produção simples e custos reduzidos, desenho para montagem/desmontagem, projeto para o melhor aproveitamento do painel, fabricação e montagem a frio;
- c) Fase de pós-produção: peças planas e leves;
- d) Uso e funcionalidade: ergonomia melhorada, portátil;
- e) Descarte: produto de desmontagem fácil, produto reciclável.

Posteriormente, o levantamento dos produtos similares (figura 2) foi exaustivamente estudado e discutido, com ênfase nas diferentes variações de encaixe/trava, emprego de um ou mais materiais, tipos de acabamento e logística do produto. Com base nesse referencial e em uma série de *sketches* manuais (figura 3), definiu-se o modelo inicial do banco, com algumas possibilidades de variação na altura do assento e de diferentes encaixes.

Um estudo volumétrico em papel foi produzido como método de criação e análise projetual. Os *sketches* manuais serviram de base para a modelagem virtual 3D dos produtos no *software* de modelagem paramétrica SolidWorks®, assim como de *rendering* e desenho técnico. A imagem a seguir evidencia a evolução projetiva por meio de modelagens paramétricas em 3D (figuras 4 e 5).

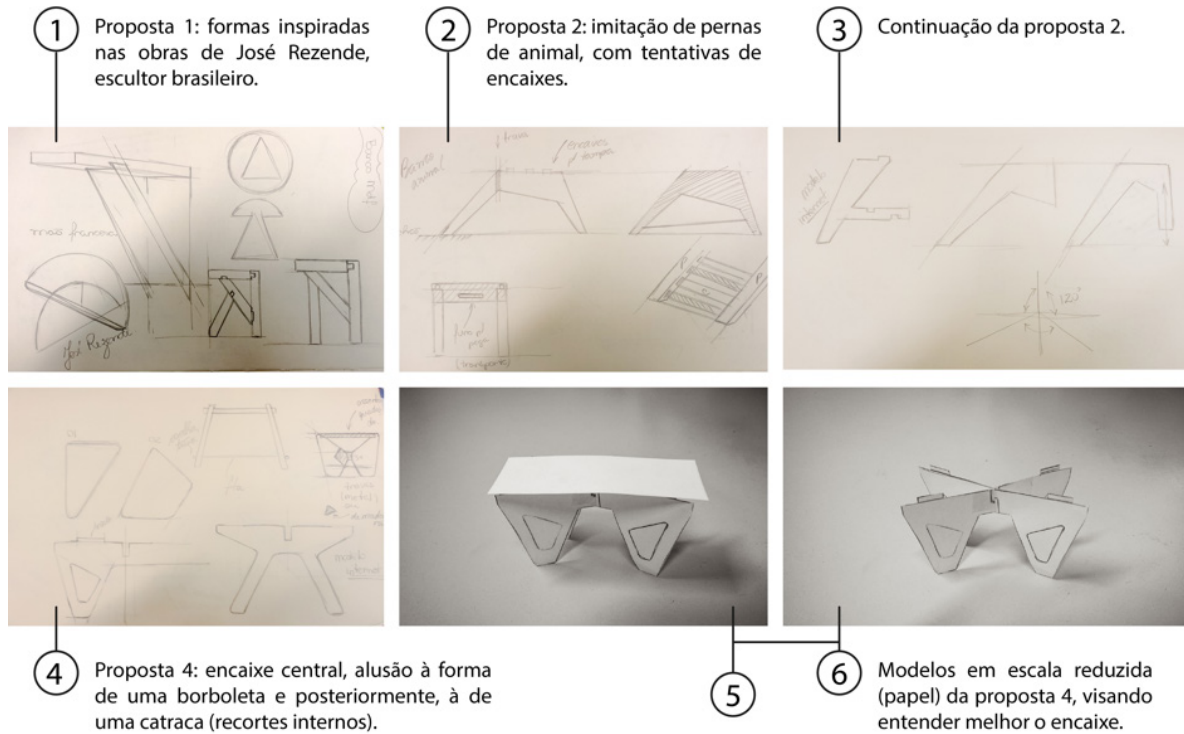
Figura 2 – Moodboard com produtos similares e componentes de mobiliário para o projeto



Fonte: Elaborada pelos autores com base em imagens coletadas no Pinterest

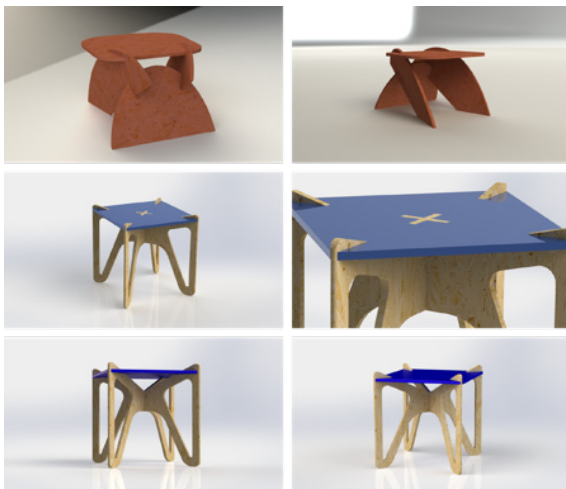
O banco é formado por três componentes: duas peças para as pernas e uma para o assento, aspecto que possibilita um bom aproveitamento da placa de MDF, além de facilitar a sua montagem, o seu armazenamento e transporte. A montagem e a estabilização do banco são feitas por encaixes e travas, com o giro do assento (figura 5). A forma das pernas do banco se assemelha a de uma catraca (equipamento usado para o controle de acesso nas estações de metrô, no interior de ônibus e em outros locais), com base na qual foi definido o nome do banco, Catraca.

Figura 3 – Sketches manuais e estudo volumétrico em papel sulfite



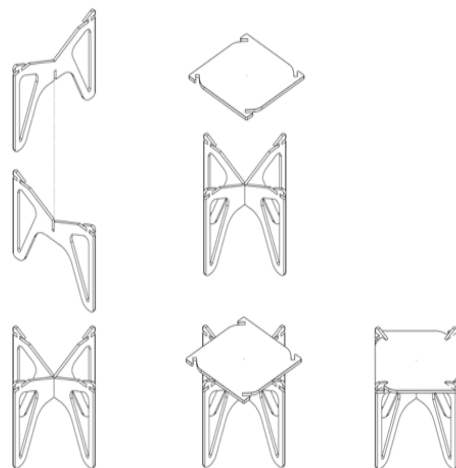
Fonte: Os autores

Figura 4 – Renderings da evolução projetiva do banco no software SolidWorks®



Fonte: Os autores

Figura 5 – Modo de montagem do banco em três passos



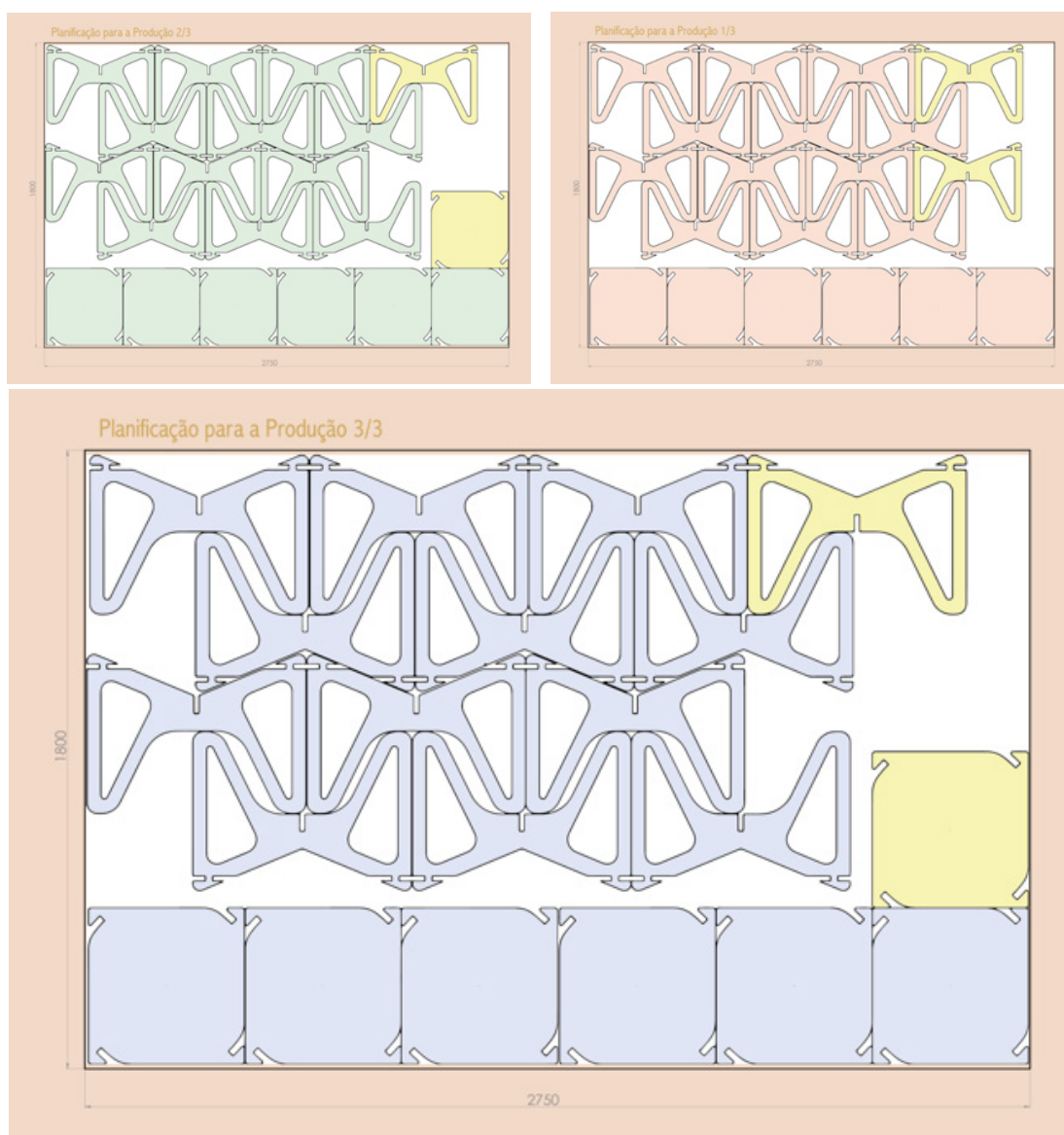
Produção do protótipo

Para o melhor aproveitamento da placa de MDF tendo em vista a produção em larga escala, meramente como estudo, a transposição do desenho técnico das três peças foi criteriosamente projetada sobre uma placa de MDF com as dimensões 275x184x15 mm (figura 6). Vale dizer que as peças em amarelo presentes na figura 6 representam os dois bancos

“extras” que se consegue obter a cada três chapas do aglomerado. Trata-se de uma simulação de uma produção em escala.

Com a serra Altendorf® fez-se a secção de parte da placa correspondente ao assento do banco (peça 1) e, em seguida, a fixação do gabarito sobre ela, para posteriormente se iniciar o corte, com a serra de fita, das laterais e das quatro entradas de encaixe. O refinamento das entradas foi realizado com grosa e lima. A área da placa correspondente às pernas do banco (peças 2 e 3) foi serrada também usando a serra de fita. Procedimentos seguintes: 1) separação das duas pernas com serra de fita; 2) furos (17 mm, 57 mm e 76 mm) para guiar o corte vazado interno das pernas, com serra copo, com a furadeira de bancada – 2x em cada perna (simetria bilateral); 3) corte completo dos vazados internos com serra tico-tico; 4) refinamento dos cantos redondos com a lixadeira circular e a roto orbital pneumática; 5) refinamento das linhas e formas com grosas e limas (figura 7). Nas diferentes etapas de transformação do MDF, propriedades como densidade, superfície uniforme e lisa da chapa, estabilidade dimensional e facilidade para usinagem, mencionadas em algumas publicações (ROSA *et al.*, 2007; ABIPA, 2012; PIEKARSKI, 2013), possibilitaram um resultado satisfatório do trabalho executado.

Figura 6 – Planejamento da produção do desenho técnico para o melhor aproveitamento das placas de MDF. A cada três placas, podem ser produzidos 20 bancos



Fonte: Os autores

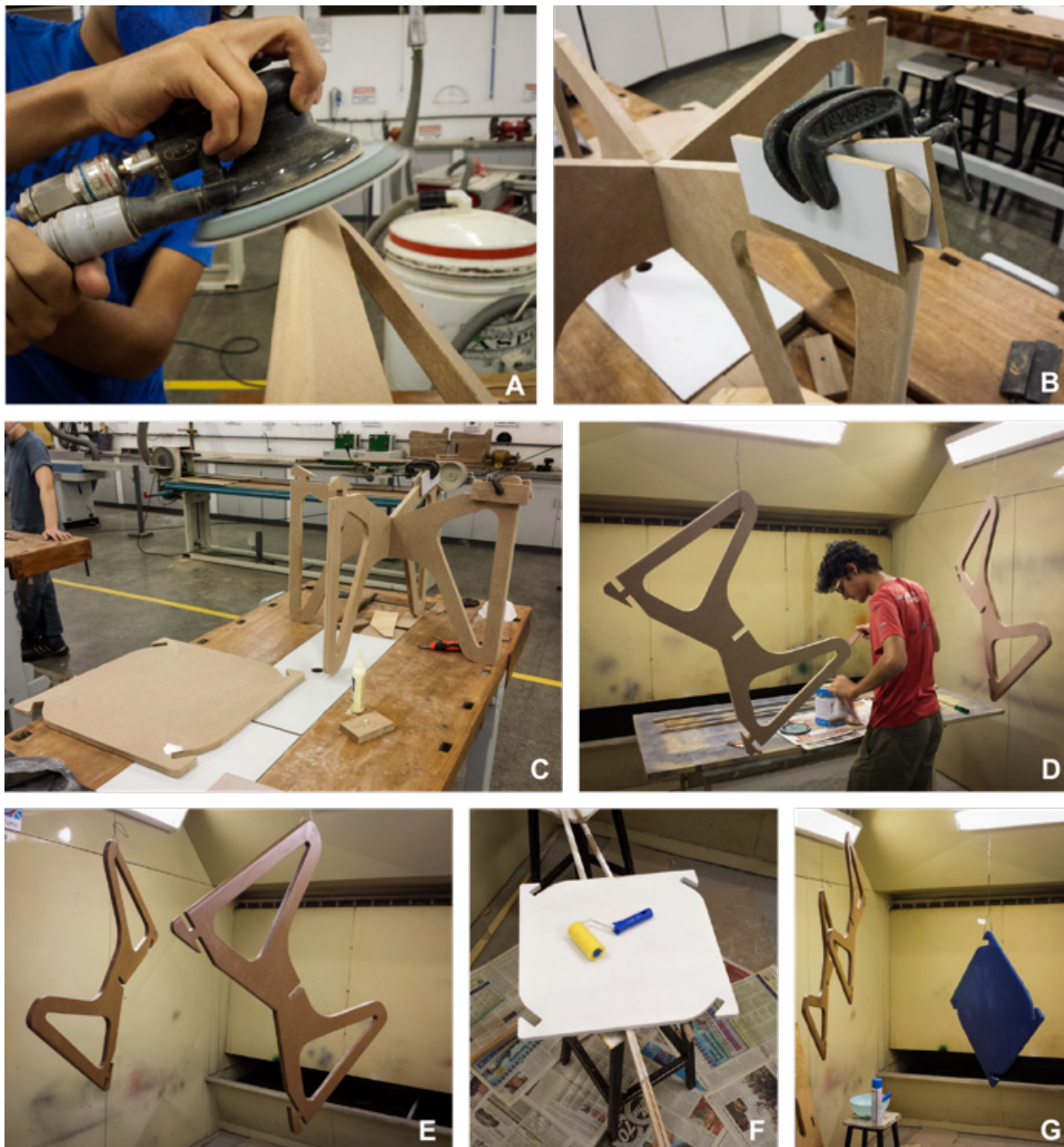
Figura 7 – Processo de produção das peças do protótipo do banco Catraca. Painel de MDF sendo cortado na Altendorf® (A); pernas do banco com gabarito (B); corte da chapa com serra copo (C e D); peças sendo cortadas pela serra de fita (E e F); componentes dos produtos após alguns processos de transformação (G); corte dos vazados internos com a serra tico-tico (H); pernas do banco antes do lixamento (I); início do lixamento com equipamentos e limas (J-L)



Fonte: Os autores

Durante o processo produtivo, mostrou-se essencial montar o protótipo algumas vezes para a verificação dos encaixes/travas e refinamento com grossa e lima, quando necessário. Na sequência, o banco foi desmontado para acabamento (figura 8).

Figura 8 – Processo de acabamento do protótipo do banco Catraca. Lixamento das pernas (A); reparos e montagem (B e C); acabamento com verniz nas pernas do banco (D e E); pintura do assento com *primer* e tinta azul (F e G)



Fonte: Os autores

O processo do acabamento das peças do banco ocorreu em duas etapas: acabamento do assento (peça 1): 1) arredondamento das quinas laterais com raio aproximado de 1 mm (lixa 150); 2) arredondamento das quinas em concordância com as pernas de raio de 7,5 mm, com lixa 150, na lixadeira roto orbital pneumática; 3) correção de imperfeições com massa branca para madeira – Sayerlack®; 4) lixamento de toda a superfície com a lixadeira roto orbital pneumática (lixa 220); 5) limpeza da peça com ar comprimido; 6) aplicação de *primer*; 7) reaplicação da massa para madeira quando necessário; 8) novo lixamento de toda a superfície com a orbital elétrica e manual (lixa 400); 9) limpeza da peça com ar comprimido; 10) pintura da peça com esmalte – base d’água Sayerlack® Aquaris, na cor azul. Tinta aplicada em camadas com intervalo indicado pela fabricante, com rolo de espuma de 9 cm. Acabamento das pernas

(peças 2 e 3): 1) arredondamento das quinas da lateral interna das pernas em concordância com o assento, de raio de 7,5 mm, com a lixadeira roto orbital pneumática; 2) colagem e reparo de cantos desfolhados (quando houver) usando cola de madeira; 3) lixamento de toda a superfície com lixadeira roto orbital pneumática (lixa 220); 4) limpeza da peça com ar comprimido; 5) aplicação da primeira camada de verniz marítimo acetinado – base d’água Sayerlack® Aquaris; 6) lixamento de toda a superfície com a orbital elétrica e manual (lixa 320); 7) limpeza da peça com ar comprimido; 8) aplicação da segunda e terceira camada de verniz, diluído a 20% e aplicado com rolinho de espuma (figura 8).

Protótipo

Durante a etapa de produção do protótipo, foi possível perceber a importância de algumas propriedades do MDF, descritas em algumas publicações citadas anteriormente (ROSA *et al.*, 2007; ABIPA, 2012; PIEKARSKI, 2013; SAMBIASE; FRANKLIN; TEIXEIRA, 2013; EUCATEX, 2018), que facilitaram todo o processo produtivo do protótipo e seu acabamento. Merecem destaque três características: consistência, facilidade em seu manuseio e racionalização dos processos de transformação.

No projeto do banco Catraca, pode-se observar desenho orgânico nos vértices/extremidades das peças e acabamento de chanfro arredondado nas suas laterais, característica formal que só foi possível em função da qualidade das chapas MDF, de sua consistência. Habitualmente, produtos construídos com chapas de aglomerados possuem formas geométricas e sem intervenção nas laterais, mesmo que sejam produzidos de MDF, como os produtos desenvolvidos por Barata *et al.* (2016), Leite *et al.* (2017), Souza (2018) e Aranda (2019). Por sua vez, a facilidade em seu manuseio viabilizou a concepção do projeto tanto para a produção manufaturada (método adotado para construção do protótipo) quanto para a produção em larga escala por meio de tecnologias de prototipagem, como a *router* CNC (*computer numeric control*), aplicada por Barata *et al.* (2016) na produção de mobiliários com MDF.

Pensando na racionalização dos processos de transformação da matéria-prima e no aproveitamento das chapas, o projeto do banco atende a algumas orientações da NBR ISO 14.001 (ABNT, 2004), que diz respeito ao consumo energético e de materiais, reduz o impacto ambiental gerado com sua produção e o custo do produto. O planejamento do corte das chapas elaborado no projeto atenua os problemas evidenciados por Braga (2019), como desperdício e consumo de recursos (material, energético e tempo) em função de possíveis erros de produção e ausência de otimização do processo de corte. No entanto, embora o projeto considere em sua concepção o planejamento do corte das chapas, ainda há a necessidade de se avaliar o material residual gerado pela produção dos bancos e a reinserção dele na cadeia produtiva sob a forma de um novo produto com valor agregado, estratégia considerada por Souza (2018). Segundo Braga (2019), o reaproveitamento do MDF residual por marceneiros não é uma prática comum, por falta de espaço fabril e de classificação das peças (tamanho, espessura ou cor).

Em todas as fases do projeto, incluindo a definição da matéria-prima para a produção e montagem do protótipo, até o possível desmonte para reutilização do material em outro produto e/ou resíduo para reúso, o banco Catraca acumulou aspectos positivos de sustentabilidade, de acordo com as considerações feitas por alguns autores (MANZINI; VEZZOLI, 2008; ROSA *et al.*, 2007; ABIPA, 2012; FERROLI; LIBRELOTTO, 2012; HALLSTEDT; THOMPSON; LINDAHL, 2013; MEYER, 2014; ASHTON *et al.*, 2015; BARATA *et al.*, 2016; VEZZOLI *et al.*, 2018). O fato de dispensar o uso de cola e parafusos facilita a montagem do mobiliário, bem como caracteriza-se como um projeto que requer menos recursos (matéria-prima, tempo etc.). O banco Catraca é versátil, de fácil montagem e desmontagem, armazenamento e transporte (figura 9). Além disso, os produtos residuais do acabamento do banco (tinta e verniz) foram descartados da forma correta, procedimento considerado por Braga (2019) de extrema relevância no que diz respeito a impacto ambiental.

Figura 9 – Fotografias do protótipo finalizado (A-D)

Fonte: Os autores

CONCLUSÃO

O propósito do presente estudo, qual seja, desenvolver um mobiliário atendendo ao escopo estabelecido dos critérios e das diretrizes de sustentabilidade vinculados ao *design* de mobiliário, foi alcançado. Nesse contexto, alguns aspectos do projeto do banco Catraca merecem ser destacados, como o desenho atemporal, ser composto por um único material (MDF), peças planejadas, fabricação e montagem a frio, estabilizado apenas por encaixes/travas e ser portátil. A pesquisa bibliográfica norteou todo o processo projetivo, desde o levantamento de produtos similares até a solução de travamento das peças, sendo este refinado e testado pela simulação realizada no *software* de modelagem virtual.

A experiência de produzir o protótipo no laboratório foi fundamental para verificar a usabilidade, a concepção formal e estética, o sistema de montagem (encaixes/travas) e a sustentabilidade do produto. Durante a produção do produto houve o aprimoramento do conhecimento a respeito do MDF, como também da fabricação a frio do produto, da técnica de uso dos equipamentos e do processamento de matéria-prima. Vale ressaltar que o processo artesanal de fabricação do protótipo foi definido graças à infraestrutura do laboratório didático universitário a que os autores tinham acesso. Portanto, para uma produção em escala, há as plataformas de fabricação 4.0 como uma alternativa com menor impacto ambiental. Este projeto poderá auxiliar outras pesquisas com vertente prática e investigativa na área do Design de mobiliário com diretrizes sustentáveis. Por fim, fazem-se necessários estudos futuros para o desenvolvimento de outros produtos visando ao reaproveitamento das sobras de matéria-prima, pesquisa com usuários reais para validação conceitual e de uso do banco, bem como avaliação do impacto de todos os processos de produção do produto em larga escala.

REFERÊNCIAS

- ABIPA – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE PAINÉIS DE MADEIRA. **Números**. 2012. Disponível em: <http://www.abipa.org.br/numeros.php>. Acesso em: 10 jan. 2016.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14.001**: sistemas de gestão ambiental – requisitos com orientações de uso. Rio de Janeiro, 2004.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15316-1**: painéis de fibra de média intensidade. Rio de Janeiro, 2009.
- ALVES, Ana Laura *et al.* Uso sustentável de bambu em *design* – estudo de caso de protótipos de *sousplat* com uso de resíduo de bambu. **Projetica**, v. 6, n. 2, p. 98-109, 2015.
- ARANDA, Andressa. W. **Zahrah**: *design* de mobiliário multifuncional para residências compactas. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Design) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2019.
- ASHTON, Elisa Guerra *et al.* *Design*, materiais e sustentabilidade: micronização de produto multi-material visando sua reciclagem. **DAPesquisa**, v. 10, n. 14, p. 138-155, 2015.
- BARATA, Tomás Queiroz Ferreira *et al.* Furniture design using MDF boards applying concepts of sustainability. **Product: Management and Development**, v. 14, n. 1, p. 68-83, 2016.
- BRAGA, Juliana Cardoso. **Projeto Caco**: inserção de *design* estratégico sustentável nas MPes moveleiras. Tese (Doutorado em Design) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Bauru, 2019.
- BRAUNGART, Michael; McDONOUGH, William. **Cradle to cradle**: criar e reciclar ilimitadamente. São Paulo: Editora G. Gili, 2013.
- DE CARLI, Ana Mery Sehbe. Moda, uma prática de múltiplas economias. *In*: DE CARLI, Ana Mery Sehbe; VENZON, Bernardete Susin (org.). **Moda, sustentabilidade e emergências**. Caxias do Sul: Educus, 2012.
- EUCATEX. **Sustentabilidade**: certificações. Disponível em: <http://www.eucatex.com.br/pt/sustentabilidade/certificacoes>. Acesso em: 4 jan. 2018.
- FERROLI, Paulo Cesar M.; LIBRELOTTO, Lisiane I. Uso de modelos e protótipos para auxílio na análise da sustentabilidade no Design de Produtos. **Revista GEPROS**, n. 3, p. 107-125, 2012.
- HALLSTEDT, Sophie I.; THOMPSON, Anthony W.; LINDAHL, Pia. Key elements for implementing a strategic sustainability perspective in the product innovation process. **Journal of Cleaner Production**, v. 51, p. 277-288, 2013.
- LEITE, Sueli Souza *et al.* Integração das ferramentas de gestão de planejamento estratégico e desenvolvimento do produto para criar uma empresa e um produto no segmento mobiliário. **Revista Engenharia em Ação UniToledo**, v. 2, n. 1, p. 147-157, 2017.
- MANZINI, Ezio; VEZZOLI, Carlo. **O desenvolvimento de produtos sustentáveis** – os requisitos ambientais dos produtos industriais. São Paulo: Edusp, 2008.
- MEYER, Rudi. Packaging: sustaining cultures and meeting new imperatives. *In*: WORRELL, Ernst; REUTER, Markus (ed.). **Handbook of recycling**: state-of-the-art for practioners, analysts and scientists. Holanda: Elsevier, 2014.

PIEKARSKI, Cassiano Moro. **Proposta de melhoria do desempenho ambiental associado ao ciclo de vida da produção do painel de madeira MDF**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2013.

RIVELA, Beatriz; MOREIRA, Maria Teresa; FEIJOO, Gumersindo. Life cycle inventory of medium density fibreboard. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 12, p. 143-150, 2007.

ROSA, Sérgio Eduardo Silveira da *et al.* O setor de móveis na atualidade: uma análise preliminar. **BNDES Setorial**, n. 25, p. 65-106, 2007.

SAMBIASE, Marta Fabiano; FRANKLIN, Marcos Antonio; TEIXEIRA, Jaqueline Alfim. Inovação para o desenvolvimento sustentável como fator de competitividade para as organizações: um estudo de caso Duratex. **Revista de Administração e Inovação**, v. 10, n. 2, p. 144-168, 2013.

SOUZA, João Marcos de. **Projeto de uma mesa de centro utilizando resíduos de MDF provenientes de pré-produção em marcenaria**. Trabalho de conclusão de curso (Curso Superior de Tecnologia em Design de Produto) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, Florianópolis, 2018.

TORQUATO, Luciane Paes. **Caracterização dos painéis MDF comerciais produzidos no Brasil**. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

VALENÇA, Antonio Carlos de V.; ROQUE, Carlos Alberto; SOUZA, Priscila Z. de. **MDF** – medium density fiberboard. Rio de Janeiro: BNDES, 2013.

VEZZOLI, Carlo *et al.* **Sistema produto + serviço sustentável**: fundamentos. Tradução de Aguinaldo dos Santos. Curitiba: Insight, 2018.

VIANA, Inês Marques Duarte. **Design de mobiliário eco-sustentável em madeira**: uma proposta eco-eficiente para produtoras de mobiliário. Dissertação (Mestrado em Design de Produto) – Universidade de Lisboa, Lisboa, 2018.

WOODS, Wendy. **The business benefits of doing good**. 2017. Disponível em: https://www.ted.com/talks/wendy_woods_the_business_benefits_of_doing_good. Acesso em: 23 jan. 2018.