



TERMORRETIFICAÇÃO DA MADEIRA: PROCESSO PARA SUSTENTABILIDADE EM PRODUTOS DE DESIGN

Patricia Silva Azevedo, Dr^a
Universidade Federal do Maranhão - UFMA
psazeved@hotmail.com

Artur Jose Silva Marques
Universidade Federal do Maranhão - UFMA
arthurgarre@gmail.com

Marcos Anderson Machado Silva
Universidade Federal do Maranhão - UFMA
marcosanderson.ms@hotmail.com

Rubenio dos Santos Barros
Universidade Federal do Maranhão - UFMA
rubeniobarros@hotmail.com

Resumo: Este artigo apresenta produtos de design resultantes da aplicação da técnica de termorretificação, empregada em caixotes de feiras, valorizando um material de alto descarte e com baixo valor de mercado. Lembrando que a madeira contou ao longo de sua história a sua importância no cotidiano das civilizações, sendo um material de propriedades físicas, mecânicas e anatômicas versátil. Dentre as suas principais características, está a higroscopicidade e sua movimentação dimensional, decorrente da troca de umidade com o ambiente. Assim, a técnica de termorretificação visa reduzir a água à níveis celulares, minimizando os defeitos e aumentando a sua durabilidade natural, fato que promove aos produtos de design, não apenas valores estéticos, mas valores funcionais, com a diversidade de aplicações e usos e ainda valores ambientais com o aumento do seu ciclo de vida. Para isso, utilizou-se a metodologia projetual proposta por Munari, que apresenta flexibilidade nas cinco etapas de desenvolvimento de produto.

Palavras-chave: termorretificação, madeira, produtos, design.

Abstract: *This article presents design products from the applying of thermoretification technique, used in woods crates, valuing a high disposal and low market value material. Recalling that the wood told throughout its history its importance in daily life of civilizations, being a material of physical, mechanical and anatomical versatile for different purposes. Among, its main features is its hygroscopicity and dimensional movement, due to the moisture exchange with the environment. Thus, thermoretification technique aims to reduce water to cellular levels, minimizing defects and increasing its natural durability, a fact that*

promotes the design of products, not only aesthetic values, but functional values, with the diversity of applications and uses, and also environmental values with the increase of their life cycle. For this, the design methodology used was proposed by Munari, which has flexibility in five product development stages.

Keywords: *thermoretification, wood, products, design.*

1. INTRODUÇÃO

A madeira, matéria prima utilizada largamente desde os primórdios das civilizações, apresenta certas particularidades, tais como movimentação dimensional, a susceptibilidade a degradação biológica e a intempéries. Essa movimentação decorre da absorção e perda de água, provocando um aumento dos defeitos, como rachaduras, empenamentos e ação de manchas, causadas por fungos em ambientes úmidos.

Kollmann e Côté Júnior (1968) afirmam que a tendência da madeira de contrair e inchar com as trocas de umidade é a propriedade mais desfavorável deste material. Assim, melhorar a estabilidade dimensional da madeira é uma procura constante em todos os segmentos que utilizam madeira maciça como matéria-prima. Desta maneira, a madeira modificada termicamente torna-se mais estável, quando comparada à madeira não tratada, pela redução dos grupamentos hidroxílicos, que são os pontos de adsorção das moléculas de água (SKAAR, 1972).

Com a estabilidade dimensional do material e a sua aptidão para diversos usos, fica mais eficiente a sua utilização em produtos, dos quais incluem os caixotes para transporte de hortifrúti em feiras e centros de distribuição, que comumente são oriundos do desdobramento de árvores de rápido crescimento, contendo pequenos defeitos e conseqüentemente, com baixo ciclo de vida, ou seja, de rápido descarte.

Diversas formas de aproveitamento podem ser dados a esses caixotes, principalmente para artesanato. Contudo, seu valor de mercado ainda continua baixo, sendo indispensável a incorporação de fatores inovadores, com o design.

Métodos de desenvolvimento de produto podem ser uma alternativa, pois é por meio das ferramentas de design que se determinam os materiais, tecnologias, nível de aproveitamento dos recursos utilizados na produção, entre outros (LOBACH, 2001). O designer é responsável em atribuir ao produto, não apenas elementos estéticos, mas funcionais e ambientais. Assim, faz-se necessário incorporar requisitos e estratégias ambientais no processo de desenvolvimento de produtos, para minimizar os impactos negativos e valorizar a mudança do mercado, tornando-os mais “verdes”; com insumos menos tóxicos na fabricação, a redução do volume e periculosidade dos resíduos, entre outros (AZEVEDO, 2009).

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Termorreificação da madeira

A modificação térmica de madeiras é uma técnica que foi desenvolvida na década de 40 do século XX e tem sido largamente estudada e aplicada industrialmente na Europa. No Brasil a pesquisa neste tema ainda é pequena e pulverizada, porém vem ganhando destaque atualmente (BORGES e QUIRINO, 2004).

A termorretificação é um dos tratamentos físico-químicos, onde a madeira é submetida a um processo de termodegradação, na carência ou alta deficiência de oxigênio, assim impedindo que a mesma entre em combustão, sendo considerado o produto de uma pirólise controlada onde os constituintes químicos se degradam, este processo é interrompido antes que ocorram reações exotérmicas as quais se iniciam a uma temperatura de 280°C, nesta temperatura é iniciada a combustão espontânea da madeira assim o tratamento térmico é eficiente, pois este degrada a hemicelulose assim diminuindo a interação da madeira com água (BRITO et al., 2006).

Segundo Zanuncio et al. (2014), esse processo pode alterar a cor da madeira, fazendo com que esta se aproxime das madeiras de maior valor de mercado. Este processo é muito utilizado nos EUA e na Europa, e vem ganhando força em virtude do seu caráter pouco poluente. No Brasil, o comércio de madeira termorretificada é inexpressivo.

As vantagens dessa técnica, como: melhoria do valor de mercado do material, resistência à ataques biológicos, à movimentação dimensional do material, ser pouco poluente, e não necessitar de altos investimentos em insumos, agrega tanto ao material como ao processo perspectivas de aplicações onde o designer pode se inserir, por meio do desenvolvimento de produtos madeireiros e da divulgação de tais benefícios.

2.2 Design de produtos e a sustentabilidade

Mozota (2003), menciona que o objeto de design é o resultado de um processo de desenvolvimento, atividade multidisciplinar e criativa, que transforma a oportunidade de mercado e a inovação tecnológica, em produtos de sucesso e únicos. Tal desenvolvimento de produtos necessita de planejamento e técnicas que viabilizem a sua execução, rejeitando a forma intuitiva de projetar. Contudo, requer flexibilidade das etapas metodologicas, que possibilite inserção de ferramentas ou ações complementares, que se adeque ao escopo do projeto e aos processos de execução. Dentre as metodologias projetuais na área do Design que apresenta tal flexibilidade das suas atividades, têm-se a proposta por Munari (2002), que cita 5 principais atividades:

a)Planejamento do produto - definir qual produto será desenvolvido para atingir a meta determinada. É importante descrever a especificação da oportunidade, com questionamentos básicos sobre o projeto, como por exemplo como o mesmo se destacará no mercado, ou o que fará com que as pessoas comprem o produto e assim por diante. Define-se ainda as restrições do projeto e do processo produtivo. Ainda nesta etapa, são realizados a coleta de dados teóricos e de mercado, incluindo abordagem com potenciais usuários/consumidores, e planejamento criterioso do estilo.

b)Projeto conceitual - Após o planejamento e a especificação da oportunidade, inicia-se o projeto conceitual para geração de muitos conceitos. Alguns conceitos são pré-selecionados e analisados segundo alguns critérios, mas não são verificados aqui restrições práticas. Feito isso, faz-se um novo planejamento para próximas etapas, atribuindo tarefas a cada membro da equipe de desenvolvimento e cronograma.

c)Projeto de configuração - Inicia-se a geração de mais idéias sobre conceitos escolhidos, explorando as formas possíveis de fabricar o produto, considerando aqui todos os elementos e restrições projetuais existentes. Nessa etapa é comum detectar

alternativas do projeto não consideradas anteriormente ou promover alguma alteração técnica envolvendo materiais e processos de fabricação. Isso pode levar ao retrocesso no processo, para se verificar as implicações das alterações com relação ao planejamento inicial.

Chegando novamente à configuração do produto, é selecionada a melhor alternativa, podendo ser selecionada por técnicas avançadas de seleção, como a Matriz de Seleção. É realizada uma análise de possíveis falhas ou defeitos, deve ser construído um protótipo e realizam-se testes.

d)Projeto detalhado - Sendo aprovado, passa-se para o detalhamento, através de desenhos do produto e seus componentes, e a construção de um protótipo experimental. Nessa etapa é definido o detalhamento final dos componentes, montagem do produto, e é possível efetuar testes físicos ou de funcionamento do produto junto aos seus potenciais usuários/consumidores (teste qualitativo).

e)Projeto para fabricação - Uma vez acertados os detalhes, é confeccionado, em alguns casos, um protótipo de produção onde serão definidos os parâmetros para o processo de produção na indústria. A aprovação desse modelo ou protótipo final encerra o processo de desenvolvimento do produto em questão. A partir desse ponto, começa-se a produção e o lançamento do produto no mercado.

A metodologia projetual assegura ao objeto que seus requisitos funcionais, simbólicos e estético formais, sejam atendidos de forma satisfatória (BOMFIM, 1995). Contudo, poucos incluem aspectos ambientais.

Produtos sustentáveis demandam análise em toda a sua cadeia produtiva, onde segundo Pazmino (2007), é um processo mais abrangente e complexo que contempla que o produto seja economicamente viável, ecologicamente correto e socialmente equitativo.

Manzini e Vezzoli (2002), sugerem que *“para atingir a sustentabilidade ambiental é necessário que ocorram processos idealmente praticáveis na mudança tecnológica e na mudança cultural”*. Assim, promover a aplicabilidade de técnicas que viabilizem maior ciclo de “vida” de um material ou produto, que promovam a minimização de processos de extração de matérias primas, a redução de insumos em processos de beneficiamento, entre outros, possibilita a maior sustentabilidade.

Segundo Venzke e Nascimento (1994), quando se projeta um produto, é necessário considerar que quanto mais puros forem os materiais, mais fácil será a sua reciclagem; a redução no consumo de matéria-prima, além de economia, significa também redução na quantidade de resíduos gerados; produtos com formas simplificadas geram custos de produção também simplificados; é importante a adoção de tecnologias que recuperem os resíduos aproveitando o máximo da matéria prima obtendo ganhos ambientais e econômicos; usar formas de energia renováveis; analisar todo o ciclo de vida do produto (produtos duráveis ou de fácil recuperação); sempre que possível utilizar substâncias à base de água, como solventes, tintas que substituem produtos à base de petróleo.

Todos esses conceitos submetem-se à disposição de Designers na incorporação de tais procedimentos sustentáveis nas metodologias aplicadas, validando as expectativas propostas neste trabalho que desenvolve produtos de valor agregado com resíduos madeireiros.

2.3 Material e métodos

As tábuas de madeira utilizadas neste trabalho são decorrentes das embalagens de frutas, verduras e legumes, os caixotes, coletados da Central de Abastecimento – CEASA/ MA. Posteriormente os caixotes foram desmontados em tábuas, com dimensões aproximadas de 25x10x1 cm, que foram secas em estufa por 24h à temperatura de 100 °C, para obtenção de madeira anidra. Posteriormente estas foram empilhadas e pesadas para determinação do peso inicial das peças em balanças de precisão digital no Laboratório de sustentabilidade Ambiental para produtos e processos – LASAPP, vinculado ao Departamento de Desenho e Tecnologia da Universidade Federal do Maranhão – UFMA. Na sequência, foram retiradas daquelas apresentarem defeitos visuais expressivos, tais como empenamentos e rachaduras.

Para as termorretificações foi utilizada uma estufa elétrica laboratorial, com controle de temperatura. As condições de aquecimento dos tratamentos são apresentadas na Figura 1, de acordo com experimento proposto por Brito (2006) , com três repetições.

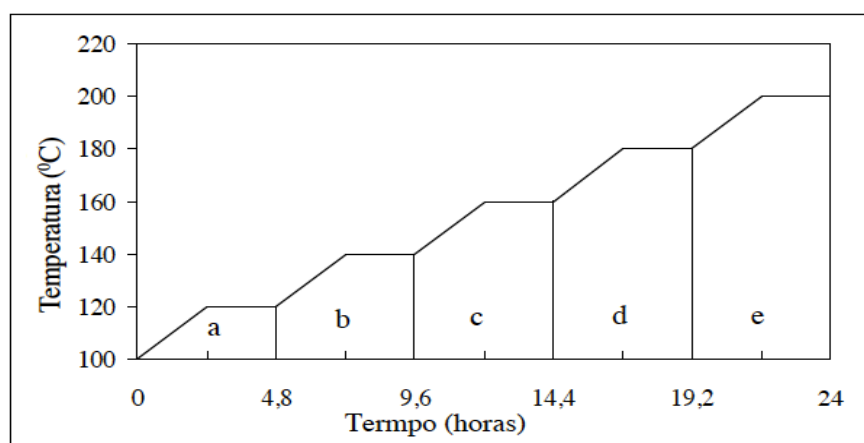


Figura 1 - Tratamento de termorretificação para as amostras

Fonte: Brito (2006).

Ao final de cada tratamento, a estufa foi desligada e as amostras permanecerão no seu interior para resfriamento até a temperatura de 30°C, sendo então retiradas, pesadas e armazenadas em sacos plásticos. Foi realizado ainda o cálculo de perda de água, por meio da redução de massa da madeira termorretificada, segundo a equação $[R = (M1 - M2)/M1 \times 100]$, em que R = Redução de massa(%), M1 = massa da madeira antes da termorretificação (g), M2 = massa da madeira após termorretificação (g).

Para o desenvolvimento de produtos em madeira termorretificada, foi utilizada à metodologia sugerida por Munari (2002), descrita no item 2.2 deste trabalho e representada na Figura 2.



Figura 2 – Etapas metodológicas para o desenvolvimento dos produtos

Os produtos foram confeccionados na Marcenaria do Departamento de Desenho e Tecnologia da Universidade Federal do Maranhão.

2.4 Resultados

2.4.1 Termorretificação

A figura 3 apresenta os resultados em porcentagem de perda de água para cada tratamento da termorretificação das peças.

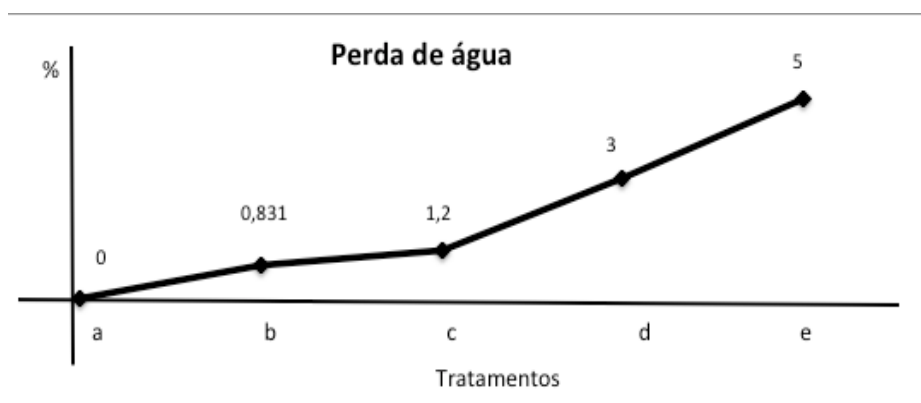


Figura 3 - Relação entre os tratamentos e a porcentagem de perda de água

O tratamento “a” não apresentou diferença entre as amostras não termorretificadas e as termorretificadas, para o tratamento “b” houve uma tímida diferença, chegando próximo dos 1% de variação em massa. O tratamento “c” com aumento da temperatura à 160°C e com aproximadamente 14h de secagem, a diferença foi mais perceptível, sendo ainda mais evidente nos tratamentos “d”, à 180°C em 19h, com 3% de diferença de massa e o tratamento “e” à 200°C em 24h, com 5% de perda de água. Homan et al. (2000) observaram que o aquecimento da madeira em altas temperaturas degrada alguns constituintes químicos, sobretudo as hemiceluloses que são menos estáveis termicamente e se degradam mais rapidamente

em comparação com outros constituintes primários (celulose e lignina), e em consequência, provocando a perda de massa e alteração de sua coloração.

Para a confecção dos produtos, optou-se pelas madeiras submetidas ao tratamento “e”, visto que esteticamente as amostras apresentaram coloração mais escura, havendo possibilidades de trabalhar o contraste de acabamento entre as peças tratadas e não tratadas.

2.4.2 Desenvolvimento de Produtos de madeira termorretificada

O primeiro produto desenvolvido foi uma Luminária pendente, denominada de “Cubos”, com funções estéticas inspiradas nas formas geométricas, com madeiras reaproveitadas de caixotes de feira, termorretificados, com (três), lâmpadas incandescentes e sustentação por fios, em estrutura de madeira. Tal luminária, foi definida para ambientes de sala de estar, pois a iluminação é difusa, com maior valor estético (FIGURA 4).

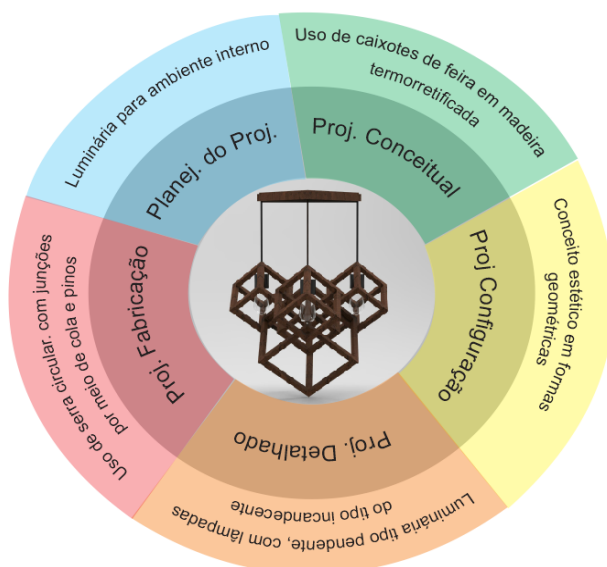


Figura 4 – Luminária “Cubos” e suas etapas projetuais

Outro produto desenvolvido utilizando a madeira tratada termicamente, foi uma mesa de canto, ou mesa de apoio. Comumente utilizada para decoração de ambientes como salas de visitas ou de estar, e tem ainda a função de sustentação de elementos decorativos, como abajures e porta retratos.

A mesa apresenta função estética inspirada em tramas de fibras naturais. Contudo, utilizando a variação das tonalidades das madeiras após a termorretificação (FIGURA 5).

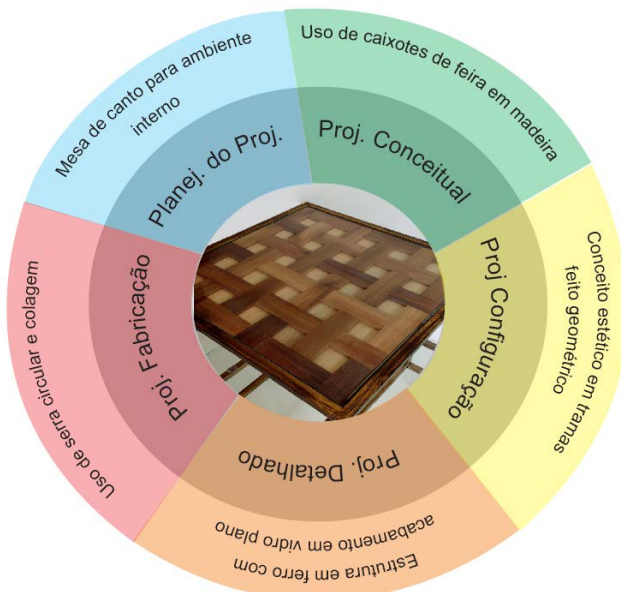


Figura 5 – Mesa de apoio e suas etapas projetuais

Outra luminária pendente foi desenvolvida no reaproveitamento de madeiras de caixotes de feira. Contudo, esta apresenta função estética, baseada em um “mensageiro de vento”, que é um objeto decorativo, em forma de espiral, que em contato com o vento causa um efeito de movimento contínuo, assim esta foi denominada de “Gira”.

A luminária consiste em oito caixas, com as laterais em acrílico e internamente, fixadas fitas de LED (*Light Emitting Diode*), suportadas por uma aste em ferro (FIGURA 6).

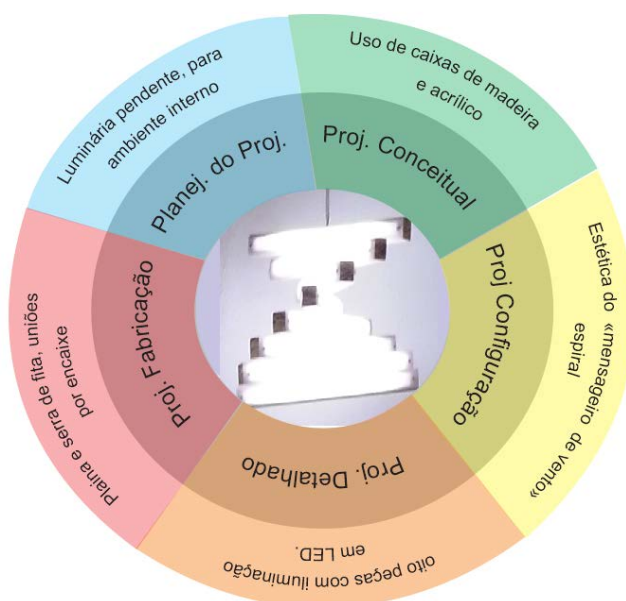


Figura 6 – Luminária “Gira” e suas etapas projetuais.

Os produtos confeccionados apresentam estética simplificada, o uso de formas geométricas, tornando a usinagem e a montagem das peças menos complexas e mais

viáveis para produção em larga escala, confirmando ainda o uso da técnica de termorretificação como possibilidade de atrativo estético em produtos madeireiros.

A mistura de coloração aplicado no tampo da mesa de apoio, demonstra a variedade do uso da mesma espécie de madeira, com e sem a utilização da técnica de termorretificação.

3. CONCLUSÃO

O trabalho demonstrou a viabilidade da aplicação da técnica de termorretificação em produtos de Design, apresentando a qualidade estética e funcional nos objetos, além da facilidade de usinagem e montagem das peças.

A técnica de termorretificação agregou nos caixotes de madeira de feiras, objeto de baixo valor de mercado, a possibilidade do seu reuso ou reaproveitamento, aumentando o seu ciclo de vida, e ainda a estética agradável para a confecção de produtos.

A temperatura de 200°C em 24 h de secagem, apresentou a maior perda de água e a marcante alteração de coloração, sendo esta temperatura e tempo utilizados para a confecção dos produtos.

A sustentabilidade ambiental, tão necessária nos dias de hoje, pode ser implementada na área industrial de produtos madeireiros, por meio da técnica de termorretificação, pois além de fornecer ao Designer meios de aproveitamento de materiais de baixo valor de mercado, ainda propicia a qualidade estética de variação de color e acabamento, visto que na mesa de apoio produzida neste trabalho, apresenta as diferentes tonalidades da mesma espécie de madeira.

REFERENCIAS

AZEVEDO, P. S. **Estratégias e requisitos ambientais no processo de desenvolvimento de produtos na indústria de móvel sob encomenda**. 2009. 143p. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

BONSIEPE, Gui. **A tecnologia da tecnologia**. São Paulo: Edgard Blucher, 1983.

_____. **Teoria y Práctica del Diseño Industrial**. Barcelona, Gili, 1975.

BORGES, L. M.; QUIRINO, W. F. Higroscopicidade da madeira de *Pinus caribea* var. *hondurensis* tratada termicamente. **Biomassa & Energia**, v. 1, n.2, p.173-182, 2004.

BRITO, J. O.; GARCIA JUNIOR, B.; PESSOA, A. M. C.; SILVA, P. H. M. Densidade básica e retratibilidade da madeira de *Eucalyptus grandis* submetida a diferentes temperaturas de termorretificação. **Cerne**, v. 12, n. 2, p. 182-188, 2006.

FIKSEL, J. **Design for environment: creating eco-efficient products and processes**. EUA: Ed. McGraw-Hill, 1995.

KOLLMANN, F. F. P.; CÔTÉ JUNIOR, W. A. **Principles of wood science and technology**. Berlin: Springer-Verlag, 1968. 592 p.

LOBACH, B. **Desenho Industrial: Bases para a configuração dos produtos industriais**. São Paulo: Edgar Blucher, 2001. 175p.

MANZINI, E.; VEZOLLI, C. **O Desenvolvimento de Produtos Sustentáveis: os requisitos ambientais dos produtos industriais**. São Paulo: EDUSP, 2002.

MUNARI, B. **Das coisas nascem coisas**. São Paulo: Martins Fontes, 2002.

PAZMINO, Ana Verónica. **Uma reflexão sobre Design Social, Eco Design e Design Sustentável**. I Simpósio Brasileiro de Design Sustentável. Curitiba, setembro de 2007.

PESSOA, A. M. C. **Termorretificação da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill Ex Maiden (Myrtaceae) submetida ao cupim de madeira seca, *Cryptotermes brevis* (Walker, 1853) (Isoptera: Kalotermitidae) para teste de resistência**. 2002. 39 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) Escola Superior de Agricultura de Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2002.

PINCELLI, A. L. P. S.; BRITO, J. O.; CORRENTE, J. E. Avaliação da termorretificação sobre a colagem na madeira de *Eucalyptus saligna* e *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 61, p.122-132, jun. 2002.

SKAAR, C. **Water in Wood**. Syracuse: Syracuse University Press, 1972. 218 p.

ZANUNCIO, A. J. V.; FARIAS, E. S.; SILVEIRA, T. A. Termorretificação e Colorimetria da Madeira de *Eucalyptus grandis*. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, n.21, p.85-90, mar. 2014.