



Acc4emic

INTERNATIONAL WORKSHOP ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION

“INTEGRATING CLEANER PRODUCTION INTO SUSTAINABILITY STRATEGIES”

Análise Energética do Ciclo de Vida Produtivo do Painel de Madeira MDP no Brasil

SILVA, D. A.L.^{a*}, VARANDA, L. D.^a, ROCCO LAHR, F. A.^a

a. Universidade de São Paulo, São Paulo

**Corresponding author, diogo.apls@hotmail.com*

Resumo

Este artigo apresenta um estudo do ciclo de vida do painel de madeira MDP (*medium density particle board*) produzido no Brasil. O estudo foca na análise energética do ciclo de vida *cradle to gate* do produto, subdividido em dois subsistemas: de produção florestal e de produção industrial. Para tanto, foi utilizada a técnica de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), normalizada pelos documentos ISO 14040 e 14044, em conjunto com o método *Cumulative Energy Demand* (CED), que calcula a quantidade de energia primária utilizada ao longo do ciclo de vida do produto. Os resultados mostraram que o subsistema de produção industrial foi o maior responsável pelo consumo e perdas de energia no ciclo de vida do painel MDP, representando 87,0% do consumo total de energia no ciclo, e 96,4% de todas as perdas de energia. Além disso, em termos de eficiência no uso de energia, o subsistema de produção industrial apresentou desempenho inferior, com 79,8% de eficiência, em contraste com o subsistema de produção florestal, com 95,0% de eficiência. Assim, proposições de melhoria foram tomadas para o subsistema de produção industrial, com foco na otimização do uso de energia. Foi sugerida utilização de resíduos de madeira gerados no próprio processo de manufatura do produto como recurso energético, pois há um excesso do mesmo que não é aproveitado localmente. Estes resíduos poderiam ser utilizados em sistemas de cogeração, para reduzir a demanda por energia elétrica da rede concessionária, e também para reduzir a demanda por combustíveis fósseis utilizados nas plantas de energia no processo de geração de calor.

Palavras-chave: *biomassa florestal, painel de madeira MDP, Avaliação do ciclo de vida, balanço energético.*

1. Introdução

Devido à crescente conscientização da sociedade em geral quanto à necessidade de proteger o meio ambiente (Ventura, 2009), e também pela necessidade de melhorar o conhecimento sobre os impactos ambientais dos produtos (bens e serviços) onde estes sejam efetivos, a técnica de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) foi desenvolvida.

A ACV é regida pelo conceito de ciclo de vida, definido por Silva (2006) como o “conjunto de todas as etapas necessárias para que um produto cumpra sua função, contando da aquisição dos recursos naturais aplicados na sua fabricação até sua disposição final após o cumprimento da sua função”, conforme a Fig. 1. Este conceito está dividido em cinco estágios: a extração dos recursos (matérias primas), a manufatura, a embalagem e a distribuição, o uso e manutenção do produto, e o fim de vida (reciclagem, disposição em aterro, incineração, etc.).

A visão de ciclo de vida surgiu como alternativa à visão convencional de encarar os problemas

“INTEGRATING CLEANER PRODUCTION INTO SUSTAINABILITY STRATEGIES”

São Paulo - Brazil - May 22nd to 24th - 2013

ambientais com foco apenas no processo. A visão sobre o processo acarreta em não englobar todos os estágios do ciclo de vida, muitas vezes contribuindo para que os impactos ambientais analisados não sejam os de fato mais efetivos. Já adotando o conceito de ciclo de vida, esta desvantagem é superada, pois todos os estágios do ciclo são levados em consideração. Para Heijungset al. (1992), adotando o conceito de ciclo de vida o foco passa a ser sobre o produto, e não sobre o processo, se preocupando desse modo com a função com que o produto se propõe a cumprir.

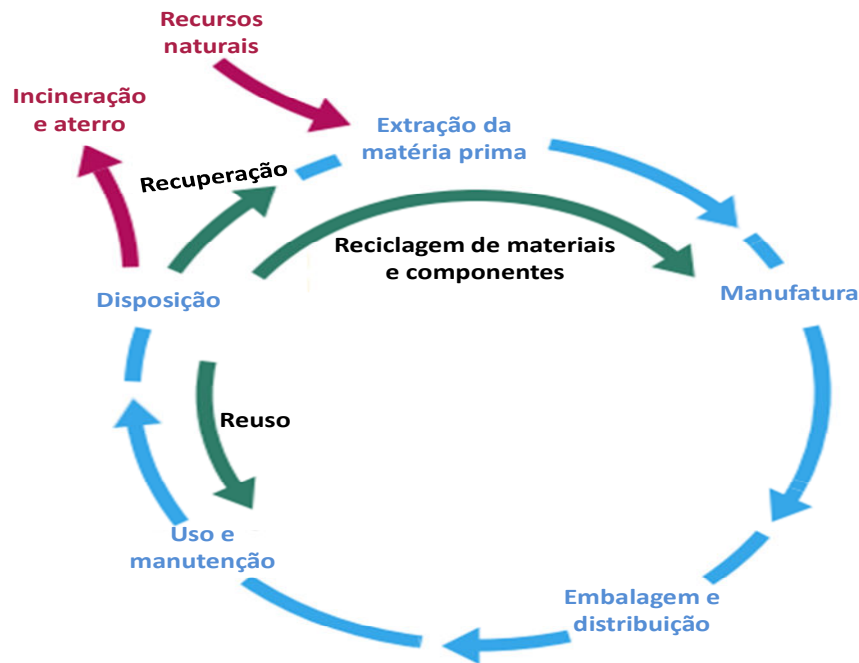


Fig. 1. Estágios do ciclo de vida de um produto. Fonte: Adaptado de UNEP (2007)

Apesar da existência de várias ferramentas com propósitos similares ao da ACV, nenhuma encarna o conceito de ciclo de vida como a ACV o faz. Entre as principais aplicações da ACV têm-se as abordadas por ABNT (2009) e *International Reference Life Cycle Data System – ILCD* (2010):

- Identificar oportunidades de melhoria ambiental de produtos;
- Reduzir custos ambientais otimizando o consumo de recursos;
- Contribuir para o *ecodesign* de produtos;
- Selecionar indicadores de desempenho ambiental; e
- No *marketing*, promover a rotulagem ambiental ou declaração ambiental de produto.

Ao se aplicar a ACV, diversos são os aspectos ambientais passíveis de inclusão no estudo, como o consumo de recursos naturais e os impactos ambientais envolvendo questões como o aquecimento global, a acidificação, a ecotoxicidade, a toxicidade humana, entre outros. Entre tais questões, um dos principais aspectos ambientais trata-se do consumo de recursos energéticos. Estudos recentes como Kumar e Murthy (2012) e Wu et al. (2012) destacam a importância de se estudar o ciclo de vida energético dos produtos. Kumar e Murthy (2012) investigaram o balanço energético global na produção de bioetanol em comparação com a gasolina, no intuito de explorar o uso do bioetanol como combustível ambientalmente sustentável. Já Wu et al. (2012) estudaram o consumo de energia no ciclo de vida de edifícios comerciais na China, pois as construções no país estão entre as principais causas no tocante à depleção de recursos energéticos.

Dentre os diversos estudos de ciclo de vida de produtos existentes na literatura, Schweinle (2007) exalta sobre a importância dos trabalhos de ACV voltados para os produtos à base de madeira, principalmente com foco em questões como: avaliações comparativas com produtos de fontes não

renováveis, o uso do solo, os impactos sobre a biodiversidade, o sequestro de carbono e o desempenho no uso de energia, sendo este último, a motivação para a realização do presente artigo. Além disso, Silva (2012) cita que cerca de 10% das teses e dissertações brasileiras com foco em ACV estão voltadas para o setor de base florestal, porém, nem todas focam em analisar o balanço de energia no ciclo de vida dos produtos do setor.

Silva (2012) ressalta que até 2012 apenas 3 estudos de ACV foram conduzidos no Brasil com foco em painéis de madeira, os quais representam uma importante gama de produtos no setor de base florestal. O setor de painéis de madeira no Brasil atualmente é o 3^o maior segmento industrial de base florestal (Associação Brasileira dos Produtores de Florestas Plantadas – ABRAF, 2012). Dentre os painéis de madeira produzidos, destaca-se o tipo MDP (*medium density particle board*), aplicado principalmente no mercado de móveis (GARCIA e MOTTA, 2006 e LEÃO e NAVEIRO, 2009). O MDP é o painel de madeira reconstituída mais produzido e consumido no mundo, aplicado na fabricação de móveis em linhas retas (BIAZUS et. al, 2010; SILVA, 2012).

Sobre os estudos de ACV envolvendo painéis de madeira tipo MDP, Wilson (2010) desenvolveu um inventário de ciclo de vida *cradle to gate* do produto nos Estados Unidos, tendo calculado um consumo específico de energia não renovável de 11 MJ/kg de produto. O autor também destacou o fato das plantas de energia adotarem queima de resíduos de madeira para a geração de calor no processo industrial, sendo que a queima destes resíduos correspondeu por 25,0% da energia total consumida. Além disso, Wilson (2010) ressalta que este aproveitamento de resíduos para gerar energia é importante, visto que a madeira é renovável, e assim, assume-se como uma matéria prima de impacto ambiental neutro na questão do aquecimento global. Outro estudo, de Rivelet et al. (2006) desenvolveram um inventário *cradle to gate* de aglomerados de partículas tipo MDP para o contexto espanhol, tendo destacado a existência de cogeração de energia no processo industrial, através da geração simultânea de calor e eletricidade pela combustão de parte dos resíduos de madeira utilizados no processo. Isto permitiu a redução do consumo de combustíveis fósseis no processo industrial como o diesel e óleos pesados, que podem contribuir significativamente para os impactos do aquecimento global e acidificação, por exemplo. Já Garcia e Freire (2011), estudaram o painel MDP produzido em Portugal, analisando a aplicação de diferentes critérios de alocação no estudo e também a questão da cogeração de energia, analogamente ao trabalho de Rivelet et al. (2006). Sendo assim, nota-se a importância do estudo do balanço de energia no ciclo de vida dos produtos, em especial, para os derivados da madeira, por se tratar de um material proveniente de fonte renovável, que pode apresentar benefícios ambientais dentro da perspectiva de ciclo de vida, como a redução do consumo de recursos energéticos não renováveis e a redução nas emissões de poluentes que contribuem para o efeito estufa, e outros impactos ambientais.

Em virtude da importante representação nacional e mundial do mercado de painéis de madeira e o maior conhecimento sobre os impactos ambientais dos produtos na perspectiva de ciclo de vida, o presente trabalho se propõe em aplicar a ACV para o painel MDP produzido no Brasil. O objetivo do artigo é de realizar uma análise energética do ciclo de vida produtivo do painel MDP, sendo propostas melhorias visando à otimização no uso de energia no ciclo de vida do produto.

2. Metodologia

1.1 O produto:

O produto estudo foi o painel de madeira MDP produzido no Brasil, o qual é fabricado em três camadas (Iwakiri, 2005), sendo as duas camadas de superfície constituídas de partículas com menores dimensões, e a camada interna do painel, formada por partículas maiores, como ilustra a Fig. 2. Este produto pode ser comercializado sem revestimento (*in natura*) ou revestido. Quando revestidos, segundo Silva (2012) o processo de revestimento pode ocorrer dentro das próprias produtoras de painéis, com destaque para os padrões tipo laminado de Baixa Pressão (BP – lâmina de papel impregnada com resina melamínica fundida ao painel pela ação de calor e pressão) e *Finish Foil* (FF – lâmina de papel colada ao painel utilizando-se resina, catalisador e calor).

O MDP é um material composto por matriz de adesivo sintético (resina ureia formaldeído – UFe aditivos) e fase de reforço de partículas de madeira (oriundas de florestas plantadas), que combinadas com a aplicação de calor e pressão se consolidam, dando origem ao painel (SILVA, 2012).

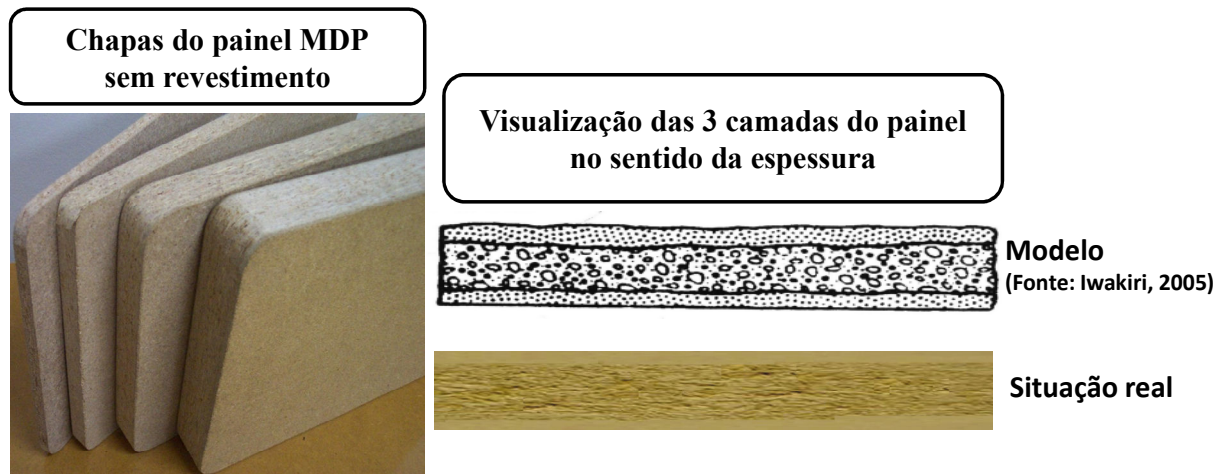


Fig. 2. Painel de madeira MDP sem revestimento e suas três camadas. Fonte: Silva (2012)

1.2 O estudo:

O estudo tem como base os resultados de Silva (2012), que avaliou o ciclo de vida do painel de madeira MDP no Brasil. Todavia, a análise energética do ciclo de vida do produto não foi conduzida em detalhes, o que motivou a realização deste artigo. Os dados do autor representam a indústria nacional produtora do painel MDP, com representação de 1.733.784,70 m³ de MDP em 2011 (cerca de 57% da produção nacional do produto).

As fases para a realização de uma ACV conforme as normas ISO 14040 e 14044 são: Definição de Objetivo e Escopo, Análise de Inventário do Ciclo de Vida (ICV), Avaliação de impacto do Ciclo de Vida (AICV) e a Interpretação, mostradas na Fig.3. Ressalta-se que tendo em vista o objetivo do estudo, a etapa de AICV não foi conduzida.

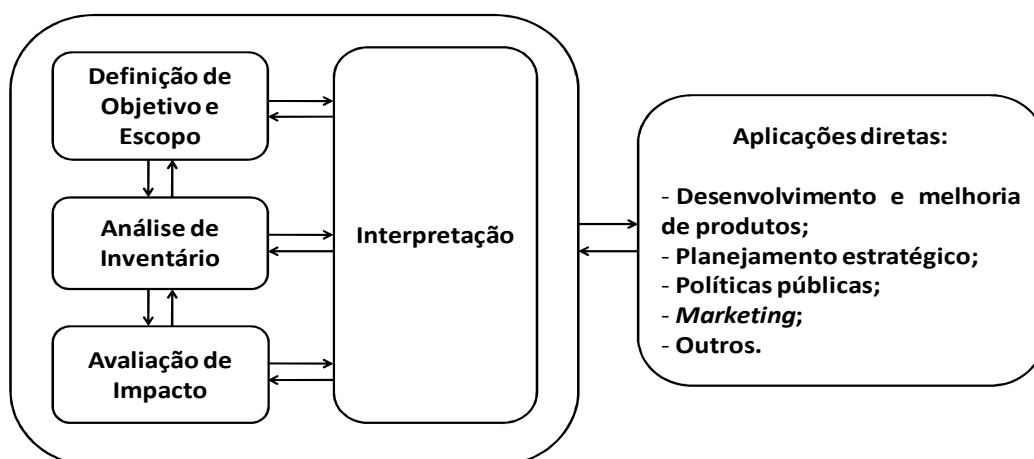


Fig. 3. Fases de uma ACV. Fonte: ISO (2006) e ABNT (2009)

Para a modelagem do ciclo de vida do painel MDP utilizou-se a ferramenta computacional GaBi Software and Databases versão Professional 4.4. A seguir é realizado um detalhamento sobre as fases

da ACV adotadas no estudo.

1.3 Definição de objetivo e escopo:

Nesta fase, realiza-se a definição do objetivo (para o presente estudo o objetivo já foi previamente abordado), e posteriormente, define-se o escopo. ABNT (2009) cita que dentro dos elementos de escopo deve-se declarar itens como: o sistema de produto, a unidade funcional e o fluxo de referência.

Sistema de produto

O sistema de produto está detalhado na Fig. 4. O sistema possui 2 subsistemas, numa perspectiva do tipo *cradle to gate*, sendo: produção florestal e produção industrial. As fases de uso e de fim de vida do produto não foram inseridas na fronteira do sistema definido. O subsistema de produção florestal é composto pelas seguintes atividades: produção de mudas, preparo do solo, plantio de mudas, manutenção da floresta e colheita e transporte da madeira. Já no subsistema de produção industrial, as atividades produtivas são: recebimento e estocagem da madeira, a geração das partículas de madeira, a secagem de partículas (utilizando calor gerado com a queima de combustíveis fósseis de biomassa florestal), a classificação de partículas, a encolagem (mistura com o adesivo sintético), a formação do colchão, a prensagem à quente, o corte do painel e o acabamento (lixamento e embalagem do produto).

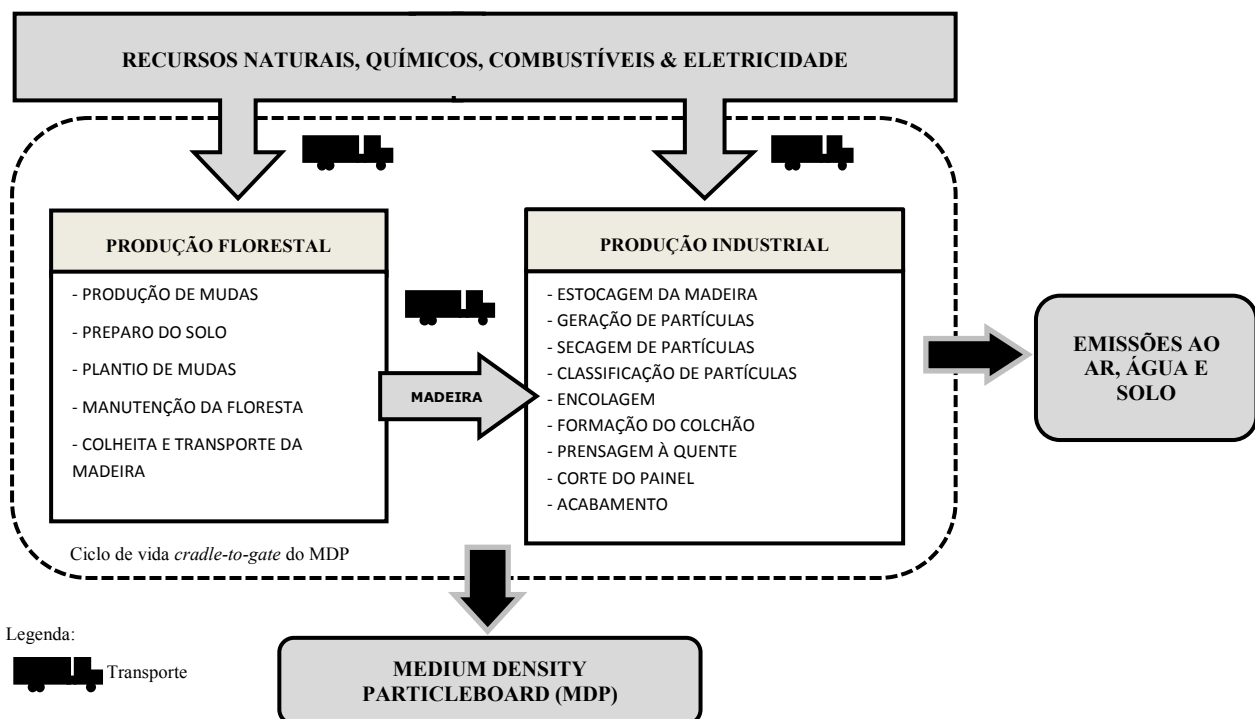


Fig. 4. Sistema de produto *cradle to gate* do painel MDP

Para a definição da fronteira do sistema foi estipulado um critério de corte com base na massa dos insumos consumidos em quantidades menores que 1,0% do total diretamente utilizado, e também, levando em conta a significância ambiental dos mesmos. Em relação ao critério de corte com base na massa, 99,5% dos fluxos de entrada são representados pelos seguintes insumos: água, resina UF, calcário, óleo BPF, diesel, parafina, fertilizante fonte de potássio (cloreto de potássio), sulfato de amônio (catalisador), fertilizante fonte de fósforo (superfosfato simples), e fertilizantes fontes de nitrogênio (ureia e sulfato de amônio). Pelo critério de relevância ambiental, também foram incluídos na fronteira o herbicida glifosato, a produção e distribuição de energia elétrica, e os combustíveis

diesel e óleo BPF (baixo ponto de fluidez), utilizados nos sistemas de transporte e operações com tratores. Maiores detalhes sobre o estabelecimento do sistema de produto constam em Silva (2012).

Unidade funcional e fluxo de referência

Porse tratar de um estudo tipocradletogate, não incluindo a fase de uso do produto, e não tendo sido necessário definir a função do painel MDP, a unidade funcional foi igual ao fluxo de referência, no caso, a produção de 1m³ de painel MDP, in natura, com espessura nominal de 15 mm, densidade média de 630 kg/m³, e produzido em consonância com os requisitos de qualidade previstos em padrões técnicos, como a norma brasileira ABNT NBR 14810:2006.

1.4 Inventário do ciclo de vida (ICV):

Os dados de inventário para os subsistemas de produção florestal e de produção industrial do MDP foram extraídos de Silva (2012), que avaliou o ciclo de vida produtivo do painel MDP no Brasil. Para a análise energética foi adotado o método *Cumulative Energy Demand*(CED) (Frischknecht et al., 2003), que calcula a quantidade de energia primária utilizada ao longo do ciclo de vida do produto. Os resultados fornecidos pelo CED são apresentados tendo em conta a contribuição dos diferentes tipos de energia utilizados, renováveis – biomassa, eólica, solar, geotérmica e hídrica e não renováveis – fóssil e nuclear. Além disso, as perdas de energia também foram contabilizadas.

1.5 Interpretação:

A fase de Interpretação dos resultados seguiu o objetivo do trabalho em analisar o balanço energético no ciclo de vida produtivo do painel MDP. Sendo, assim foram identificadas as principais etapas do ciclo de vida do produto para os subsistemas de produção florestal e industrial, que consomem as maiores quantidades de recursos energéticos e onde ocorrem as maiores perdas. Tais recursos também foram classificados em renováveis e não renováveis. E por fim, propostas de melhoria ambiental com foco na otimização no uso dos recursos energéticos foram propostas. Sugestões para trabalhos futuros também foram realizadas.

3. Resultados

A Tabela 1 mostra a distribuição do consumo de energia no ciclo de vida produtivo do painel MDP no Brasil para os subsistemas de produção florestal e industrial, classificando-os em recursos energéticos renováveis e não renováveis.

Tabela 1. Consumo de energia no ciclo de vida do painel MDP no Brasil por m³ de painel produzido.

Recursos energéticos	Subsistema de produção florestal	Subsistema de produção industrial
Renováveis (MJ/m ³)	16,4(0,7%)	748,3(26,1%)
Não renováveis (MJ/m ³)	354,4(12,3%)	1741,5(60,9%)
TOTAL	370,8(13,0%)	2489,8(87,0%)

Com base na Tabela 1 percebe-se que o consumo de recursos energéticos para o subsistema de produção industrial apresentou os maiores níveis de consumo, tanto para os recursos renováveis quanto não renováveis. O consumo total do subsistema de produção industrial se mostrou 6,7 vezes superior do que o consumo total do subsistema de produção florestal.

A Tabela 2 apresenta o detalhamento sobre a participação dos principais tipos de recursos energéticos renováveis e não renováveis consumidos.

Tabela 2. Participação dos principais tipos de recursos energéticos consumidos no ciclo de vida.

Recursos energéticos	Subsistema de produção florestal	Subsistema de produção industrial
<i>Renováveis (MJ/m³)</i>		
- Energia hidroelétrica	9,2	684,3
- Biomassa	6,3	-
- Energia solar	0,8	63,5
<i>Não renováveis (MJ/m³)</i>		
- Óleo cru	278,4	1007,6
- Gás natural	60,0	558,47
- Carvão mineral	10,6	84,0

Para a categoria de recursos energéticos renováveis, conforme a Tabela 2, tanto para o subsistema de produção florestal quanto para o industrial, o maior destaque ocorreu para o consumo de energia hidroelétrica, que correspondeu por 56,1 e 91,4% dos recursos energéticos renováveis consumidos, respectivamente, pelos subsistemas de produção florestal e industrial. Para o subsistema de produção florestal, isto se deve principalmente ao consumo de energia elétrica durante a cadeia produtiva do fertilizante sulfato de amônio aplicado no campo durante o cultivo da floresta. No caso do subsistema de produção industrial, o destaque ocorre durante o consumo de energia elétrica no processo de manufatura do painel MDP. Assim sendo, o consumo de recursos renováveis no ciclo de vida produtivo do painel MDP se deve principalmente ao consumo de energia elétrica, o qual apresenta cerca de 79,8 a 84,0% de seu mix (a partir de dados do *software*GaBi) representado pela energia hidroelétrica.

Sobre o consumo de recursos energéticos não renováveis, tanto para o subsistema de produção florestal quanto para o industrial, o maior destaque ocorreu para o consumo de óleo cru (Tabela 2), responsável, respectivamente, por 78,5 e 57,8% do consumo total de energéticos não renováveis para os subsistemas de produção florestal e industrial. Trata-se de um dos principais constituintes de combustíveis de origem fóssil como o diesel e óleos pesados. Para o caso do subsistema de produção florestal o destaque se deve ao consumo de diesel aplicado principalmente na etapa de colheita e transporte da madeira. Para o subsistema de produção industrial, o óleo cru é consumido principalmente durante a produção de óleo pesado tipo óleo BPF, utilizado nas plantas de energia do processo de fabricação do MDP e também na cadeia produtiva da parafina, um aditivo aplicado junto com a resina UF durante o preparo do adesivo sintético.

Com base na Tabela 1, o consumo específico total de energia não renovável por unidade de massa de painel MDP produzido foi 4,0 MJ/kg, e o consumo de energia renovável foi 0,6 MJ/kg de painel. Comparando os resultados com a literatura, Wilson (2010) apresentou resultados de consumo de energia não renovável de 11 MJ/kg de painel, e Garcia e Freire (2011) de 8 MJ/kg, portanto, valores superiores ao caso brasileiro. Todavia, quanto ao consumo de energia renovável Garcia e Freire (2011) citam um consumo específico de 26 MJ/kg, sendo este mais de 40 vezes maior do que o apresentado nesta pesquisa. Isto se deve ao maior consumo de recursos renováveis na matriz energética europeia, a qual realiza o processo de cogeração de energia, substituindo parte dos combustíveis fósseis.

A Tabela 3 mostra as perdas de energia no ciclo de vida produtivo do painel MDP para a unidade funcional estabelecida. Já a Tabela 4 exibe o detalhamento sobre a participação dos principais tipos de emissões relativas às perdas de energia no ciclo de vida do painel MDP.

Tabela 3. Perdas de energia no ciclo de vida do painel MDP no Brasil por m³ de painel produzido.

Emissões	Subsistema de produção florestal	Subsistema de produção industrial
Emissões ao ar (MJ/m ³)	16,4 (3,1%)	349,9 (67,2%)
Emissões a água (MJ/m ³)	2,3 (0,4%)	152,5 (29,3%)
TOTAL	18,7 (3,58%)	502,4 (96,4%)

Tabela 4. Participação dos tipos de emissões relativas às perdas de energia no ciclo de vida.

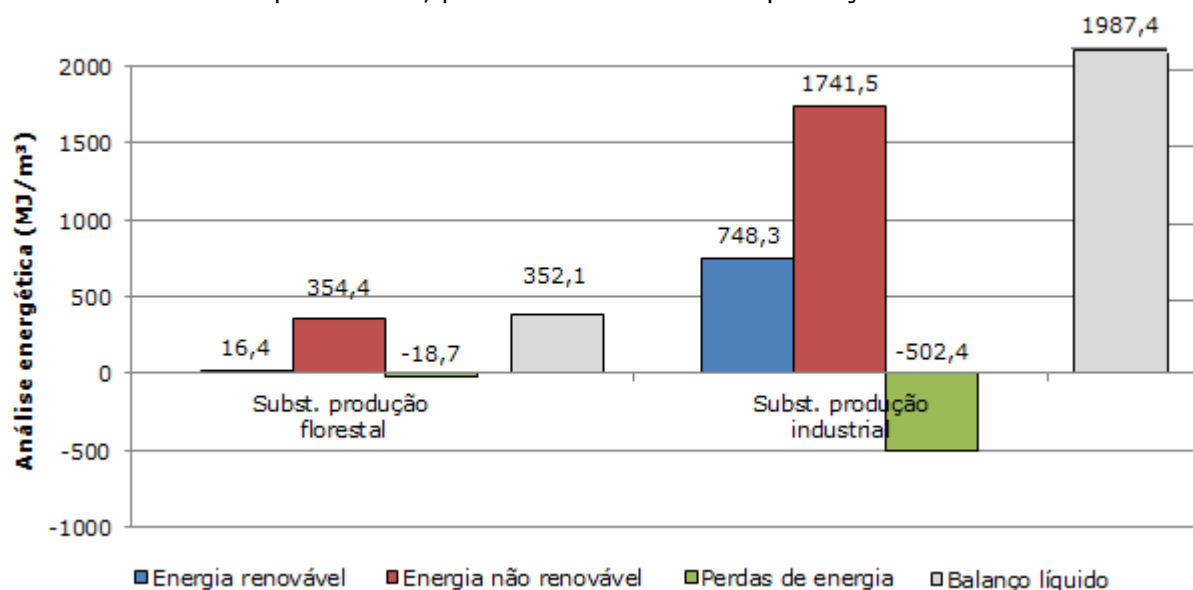
Emissões	Subsistema de produção florestal	Subsistema de produção industrial
<i>Emissões ao ar (MJ/m³)</i>		
- Perdas em calor	16,4	349,9
<i>Emissões a água (MJ/m³)</i>		
- Perdas de energia primária	1,3	116,3
- Perdas em calor	1,0	36,1

Com base na Tabela 3, as perdas de energia ocorrem para os compartimentos ar e água, sendo que o subsistema de produção industrial apresentou os maiores níveis de perdas. A perda total de energia do subsistema de produção industrial se mostrou 26,8 vezes superior ao do subsistema de produção florestal. Comparando os resultados com a Tabela 1, verifica-se uma taxa total no aproveitamento de energia no ciclo de vida produtivo do painel MDP de 81,8%, podendo ser estratificada em 95,0% para o subsistema de produção florestal e 79,8% para o de produção industrial.

As perdas de energia ocorrem principalmente na forma de calor ao ar para ambos os subsistemas (Tabela 4). No subsistema de produção florestal tais perdas ao ar estão relacionadas essencialmente com as atividades de manutenção da floresta e colheita e transporte da madeira, devido ao consumo de diesel nas operações florestais de campo. No subsistema de produção industrial, o destaque ocorre com as perdas de energia devido ao processo de conversão de energia primária (da água) em eletricidade, que posteriormente é consumida no processo de manufatura do painel MDP.

Quanto às perdas de energia na água, a Tabela 4 mostra que tanto para o subsistema de produção florestal quanto para o industrial, o maior destaque ocorre novamente ao se considerar a energia elétrica consumida no ciclo de vida do produto estudado, devido as perdas durante a conversão de energia primária (da água) em elétrica. As perdas de energia primária (da água) representaram 56,5 e 76,3% do total das perdas de energia na água, respectivamente, para os subsistemas de produção florestal e industrial. No subsistema de produção florestal as perdas ocorrem durante a produção do fertilizante sulfato de amônio utilizado no cultivo da floresta. Já no subsistema de produção industrial, o destaque ocorre no consumo de energia elétrica durante o processo industrial de manufatura do painel MDP.

Com base nos resultados apresentados, a Fig. 5 mostra uma análise global do consumo e perdas de energia no ciclo de vida do painel MDP, para os subsistemas de produção florestal e industrial.

**Fig. 5.** Consumo e perdas globais de energia no ciclo de vida *cradle to gate* do painel MDP no Brasil.

Como previamente discutido, a Fig. 5 mostra que o subsistema de produção industrial é o maior

responsável pelo consumo e perdas de energia no ciclo de vida produtivo do painel MDP no Brasil. Analisando o balanço energético líquido, o subsistema de produção florestal apresentou um balanço relativamente superior, com 95,0% de eficiência no uso da energia. Já o subsistema de produção industrial apresentou um balanço líquido relativamente inferior, com eficiência de 79,8% no uso da energia do ciclo de vida do produto. Assim, melhorias ambientais quanto à otimização no uso de energia devem ser propostas com foco no subsistema de produção industrial do painel MDP brasileiro. Tais propostas são abordadas na próxima seção do artigo.

4. Considerações finais

A partir da interpretação dos resultados, reconhecendo a maior importância do subsistema de produção industrial quanto ao consumo e perdas de energia no ciclo de vida produtivo do painel MDP, sugerem-se:

- Reduzir o consumo de energia elétrica no processo industrial de manufatura do produto. Isto pode ser feito através da adoção de sistemas de cogeração de energia, que aproveitem parte da biomassa florestal gerada localmente durante o processamento da madeira, como fonte de energia para produzir eletricidade, a exemplo de como ocorre em países da Europa, como abordado por autores como Rivelat et al. (2006) na Espanha e Garcia e Freire (2011) em Portugal. Esta medida reduziria a demanda por energia elétrica da rede, e permitiria um melhor aproveitamento dos próprios resíduos gerados no processo.
- Reduzir o consumo de combustíveis fósseis nas plantas de energia. Como observado, no processo de manufatura do painel MDP ocorre o consumo de combustíveis pesados como o óleo BPF. A substituição deste tipo de recurso energético por alternativas de fontes renováveis, como os resíduos de madeira gerados no próprio processo de manufatura do produto, poderia contribuir para isto.

Perante tais alternativas, é importante salientar que a quantidade de resíduos de madeira atualmente gerada localmente nas próprias indústrias produtoras do painel MDP apresenta potencial para viabilizar as propostas sugeridas. Uma vez que segundo Silva (2012), para cada 1 m³ de painel MDP produzido há a geração média de 97,2 kg de resíduos de madeira em excesso, que não são aproveitados nos queimadores de biomassa para geração de calor no processo industrial. Em geral, este resíduo sólido de madeira, em excesso, é vendido para empresas terceiras e/ou disposto em aterro.

Por fim, como trabalhos futuros serão analisadas as propostas de melhoria abordadas no intuito de verificar sua eficácia em termos ambientais, através da realização de uma ACV comparativa entre tais alternativas sugeridas com o cenário atual abordado neste artigo. Outra ideia é a inclusão do estudo da pegada de carbono no ciclo de vida do produto.

Referências

- Associação Brasileira de Florestas Plantadas, 2012. Anuário estatístico da ABRAF: ano base 2011. STCP Engenharia de Projetos, Brasília.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2009. NBR ISO 14044: Gestão ambiental – avaliação do ciclo de vida – Requisitos e orientações, Rio de Janeiro.
- Biazus, A., Hora, A. B.; Leite, B. G. P., 2010. Panorama de mercado: painéis de madeira. BNDES setorial, Rio de Janeiro, 32, 49-90.
- Frischknecht, R., Jungbluth, N., 2003. Implementation of life cycle impact assessment methods. Final reportecoinvent 2000, Swiss Centre for LCI. Duebendorf, Suíça.
- Garcia, R., Motta, F. G., 2006. Mercado de móveis movimenta US\$ 200 bilhões por ano. Revista da

Madeira, 97, 4-12.

Garcia, R. P., Freire, F. M. C. S., 2011. Modelação energética e ambiental do ciclo de vida de painéis aglomerados de partículas. In: CONFRESSO IBERO-LATINO AMERICANO DA MADEIRA NA CONSTRUÇÃO, 1., 2011, Coimbra. Anais... Coimbra: 2011. CD-ROM.

Heijungs, R., Guinée, J. B., Huppes, G., Lankreijer, R. M., Udo de Haes, H. A., Sleeswijk, A. W., Ansems, A. M. M., Eggels, P.G., Duin, R. van, de Goede, H. P., 1992. Environmental life cycle assessment of products. I: guide October 1992. II: Backgrounds October 1992, Leiden.

International Reference Life Cycle Data System, 2010. ILCD Handbook. European Commission – Joint Research Centre – Institute for Environmental and Sustainability, Luxemburgo.

International Organization of Standardization., 2006. ISO 14040: Environmental management - life cycle assessment- principles and framework, Geneva.

Iwakiri, S. (Eds.), 2005. Painéis de madeira reconstituída. FUPEF, Curitiba.

Kumar, D., Murthy. G. S., 2012. Life cycle assessment of energy and GHG emissions during ethanol production from grass straws using various pretreatment processes. International Journal of Life Cycle Assessment, 17, 388-401.

Leão, M. S., Naveiro, R. M., 2009. Fatores de competitividade da indústria de móveis de madeira no Brasil. Revista da Madeira, 119, 4-11.

Rivela, B., Hospido, A., Moreira, T., Feijoo, G., 2006. Life cycle inventory of particleboard: a case study in the wood sector. International Journal of Life Cycle Assessment, 11, 106-113.

Silva, D. A. L., 2012. Avaliação do ciclo de vida da produção do painel de madeira MDP no Brasil. 207 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.

Silva, G. A., Kulay, L. A., 2006. Avaliação do ciclo de vida. In: Vilela Júnior, A., Demajorovic, J. (Eds.), Modelos e ferramentas de gestão ambiental – desafios e perspectivas para as organizações. Senac, São Paulo.

Schweinle, J., 2007. Wood & other renewable resources: a challenge for LCA. International Journal of Life Cycle Assessment, 3, 141-142.

United Nations Environment Programme, 2007. Life Cycle Management. A Business Guide to Sustainability. Disponível em: <http://www.uneptie.org/shared/publications/pdf/DTIx0889xPA-lifeCycleManagement.pdf>. Acessado em Setembro/2012.

Ventura, R., 2009. Mudanças no perfil de consumo no Brasil: principais tendências nos próximos 20 anos. Macroplan – Prospectiva, Estratégia & Gestão, Rio de Janeiro.

Wilson, J. B., 2010. Life-cycle inventory of particleboard in terms of resources, emissions, energy, and carbon. Wood and Fiber Science, 42 (CORRIM Special Issue), 90-106.

Wu, H. J., Yuan, Z. W., Zhang L., Bi J., 2012. Life cycle energy consumption and CO₂ emission of an office building in China. International Journal of Life Cycle Assessment, 17, 105-118.