Avaliação do Ciclo de Vida de Painéis Compósitos à Base de Madeira: Estudo de Caso em Painéis *OSB*

FERRO, F. S.[a*], BRUGNERA, R. R.[a], SILVA, D. A.L.[a], ROCCO LAHR, F. A.[a]

a. Universidade de São Paulo, São Carlos

**Corresponding author, fsferro@usp.br*

Resumo

A utilização de painéis de madeira industrializada vem crescendo no Brasil, e um dos destaques é o painel *OSB (Oriented Strand Board)*, o qual substitui, em muitos casos, a madeira compensada. Ao mesmo tempo, cresce as preocupações ambientais relacionadas aos produtos, desde a sua produção, uso e descarte, sendo a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) uma importante técnica para a avaliação ambiental de maneira holística, de todo o ciclo de vida dos produtos. Dessa forma, aliando a crescente utilização dos painéis *OSB* e as preocupações ambientais, o presente estudo faz uma ACV *crade-to-gate* de painéis *OSB.* Assim, o objetivo deste trabalho foi identificar os principais impactos ambientais potenciais referentes à produção do OSB em escala laboratorial e propor oportunidades de melhorias ambientais para seu ciclo de vida. A unidade funcional assim como o fluxo de referência adotados foi a produção de 1m³ de painel OSB sem revestimento. Para a avaliação dos impactos ambientais, foi utilizado o método EDIP-97 para 12 categorias de impacto. Os resultados da ACV indicaram que a etapa de *Produção Laboratorial* do painel foi responsável pelos maiores impactos ambientais (de 0,38% para Formação de oxidantes fotoquímicos até 100,00% para Depleção da camada de ozônio, e 100,00% para Ecotoxicidade pelo ar), e também foi onde ocorreu o maior consumo de recursos renováveis e energéticos. Finalmente, com base nos *hotspots* ambientais identificados, foram sugeridas melhorias ambientais para o ciclo de vida da produção do painel *OSB*.

Palavras-chave: *Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), Oriented Strand Board (OSB), Desempenho ambiental, Impacto ambiental*

1. Introdução

No Brasil, o mercado de painéis de madeira industrializada, formado por empresas produtoras de painéis MDP (*Medium Density Particleboards*), MDF (*Medium Density Fiberboard*) e *OSB* (*Oriented Strand Board*), encontra-se em expansão. No período de 2002-2012, a produção e o consumo anual de painéis de madeira industrializada tiveram um crescimento médio de 8,9 e 9,9%, respectivamente, representando o maior crescimento médio anual dentre os produtos florestais do país (Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas- ABRAF,2013).

O *OSB* é um painel de múltiplas camadas formadas com partículas de madeira do tipo "*strand*", unidas através de um aglutinante (adesivo). As partículas das camadas externas estão alinhadas e dispostas no sentido paralelo ao comprimento ou à largura do painel, enquanto que as partículas das camadas internas podem ser orientadas aleatoriamente ou alinhadas, geralmente, na direção perpendicular à das partículas das camadas externas (EN 300, 2006). Essa estrutura de colchão confere aos painéis *OSB* excelentes propriedades mecânicas, que permitem sua aplicação em diversas áreas, principalmente na indústria da construção civil, para revestimentos de parede, painéis de telhado,

contrapisos, etc (BENETTO et al., 2009; REBOLLAR et al., 2005).

O mercado dos painéis *OSB* vem crescendo mundialmente principalmente devido à substituição, em muitos casos, das chapas de madeira compensada por esse tipo de painel. Enquanto a indústria de compensado vem encontrando cada vez mais dificuldades em obter toras de madeira de alta qualidade com dimensões e diâmetros necessários para extrair as lâminas, a indústria de OSB pode utilizar apenas madeiras de menor qualidade, de crescimento rápido e sem restrições de comprimento e diâmetro (IWAKIRI, 2005).

No Brasil, a produção de chapas compensadas ainda é muito maior que a de painéis OSB. Estima-se que o mercado brasileiro de compensado possui aproximadamente 200 empresas em operação com capacidade de produção de mais de 4 milhões de m³/ano, enquanto isso, o mercado de painéis OSB possui uma única unidade produtora com capacidade de 384 mil m³/ano (ABRAF,2013; LP, 2014; VIEIRA et al., 2012).No entanto, percebe-se um decréscimo da produção dos painéis compensados de *Pinus* no país. Entre 1997 e 2004 o mercado nacional apresentou crescimento médio de 8,6% a.a, já de 2004 a 2012 o compensado apresentou um decréscimo médio de 1,5% a.a (ABIMCI, 2007; ABRAF, 2013). Enquanto isso, a produção brasileira de painéis OSB manteve-se constante (EISFELD e BERGER, 2011).

Aliado ao crescimento econômico do setor de painéis de madeira está a preocupação das empresas e, principalmente, da sociedade frente às questões ambientais. Sendo assim, com a finalidade de melhorar o desempenho ambiental dos produtos, torna-se importante avaliar o ciclo de vida ambiental dos produtos colocados no mercado (REMMEN, 2007; SILVA et al., 2012).

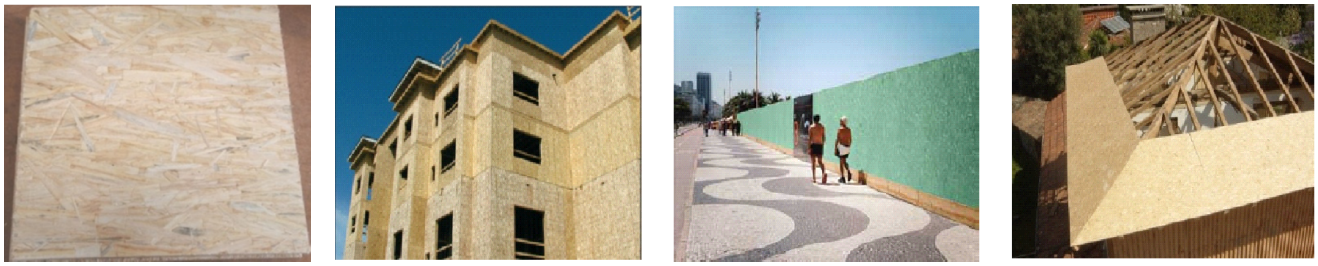
A avaliação do ciclo de vida (ACV) é uma técnica que considera todos os fluxos de entrada e de saída de materiais e energia de um sistema de produto, e que mensura os impactos ambientais potenciais existentes, possibilitando a tomada de decisão no sentido de contribuir para a redução/eliminação desses impactos (ISO 14040: 2006; SILVA, 2012). Assim, essa técnica é utilizada para a avaliação e escolha de alternativas ambientalmente mais favoráveis para o sistema do produto estudado sob uma perspectiva que pode ser principalmente do tipo *cradle-to-grave* (do "berço ao túmulo"), ou *cradle-to-gate* (do "berço ao portão da fábrica"). Dessa forma, é possível estimar impactos ambientais cumulativos resultantes das fases do ciclo de vida do produto, muitas vezes incluindo impactos não considerados em análises mais tradicionais (GIANNETTI et al., 2008, apud WILLERS et al, 2013).

Os painéis *OSB* norte americanos já possuem um *Environmental Product Declaration* (EPD), desenvolvida pelo Conselho Americano de Madeira (AWC) juntamente com o Conselho Canadense de Madeira (CWC), o qual se fundamenta em informações obtidas com a realização de uma ACV *cradle-to-gate* para o produto. As informações resultantes do uso da ACV como ferramenta de apoio na EPD são importantes para o desenvolvimento sustentável do setor madeireiro, especialmente o de painéis de madeira, e de outros setores relacionados à sua cadeia de valor, como a construção civil (CORRIM, 2013). No entanto, até o momento não há estudos de ACV direcionados para o caso da produção de painéis *OSB* no contexto brasileiro.

Neste sentido, por meio da utilização da ACV, este trabalho tem como objetivo identificar e quantificar os principais impactos ambientais potenciais relacionados ao ciclo de vida *cradle-to-gate* de painéis de madeira *OSB* no Brasil e propor melhorias ambientais para o sistema do produto estudado.

2. Metodologia

O produto analisado foi o painel *OSB* ilustrado na Fig. 1, e produzido a partir do uso de madeira de reflorestamento de espécies de *Pinus* spp., apresentando densidade e dimensões médias, respectivamente, de 700 kg/m³ e 400x400x10 mm.



(a) (b) (c) (d)

Fig. 1.a) Objeto de estudo – painel *OSB*.**b)** Paredes de painéis OSB. Fonte: Engineered Wood Association- APA (2009). **c)**Fechamento de obras (Tapume). Fonte: LP Brasil (2014). **d)** Figura 7: Fechamento de telhado com painéis OSB. Fonte: Onduline (2012).

A ACV conduzida foi do tipo *cradle-to-gate,* portanto, foram consideradas as etapas desde a produção florestal e extração da madeira, passando pela serraria e posterior processamento das toras até chegar à etapa de manufatura do painel *OSB*. Assim, as fases posteriores de uso e de fim de vida do painel não foram incluídas no presente estudo.

A metodologia da ACV, normatizada pela *International Organization for Standardization* (ISO), é dividida em quatro etapas, sendo elas: a Definição de Objetivo e Escopo, a Análise de Inventário do Ciclo de Vida (ICV), a Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida (AICV) e a Interpretação.

2.1. Definição de Objetivo e Escopo

Como supracitado este estudo foi limitado as etapas de extração de recursos e manufatura do painel. A vida útil estimada para o painel OSB é de 50 anos se o material for protegido de forma adequada, não sendo exposto permanentemente em ambientes externos e úmidos.

Foi considerado o painel *OSB* com função estrutural para uso em aplicações na construção civil, produzido no Laboratório de Madeiras e de Estruturas de Madeiras (LaMEM), do Departamento de Engenharia de Estruturas (SET), Escola de Engenharia de São Carlos (EESC), Universidade de São Paulo (USP). O painel foi produzido com resina poliuretana à base de óleo de mamona do tipo bicomponente, composta pelo poliol, componente derivado do óleo de mamona e pelo isocianato polifuncional (pré-polímero), derivado do petróleo.

A ACV *cradle-to–gat*e foi realizada conforme detalhes das secções 2.2 a 2.6.

2.2 Sistema de produto

O sistema de produto estudado é apresentado na Fig. 2. Existem três subsistemas, sendo que cada um inclui um conjunto específico de unidades de processo. No subsistema *Produção florestal*, foram incluídas as unidades de processo relacionadas ao preparo do solo, plantio de mudas, manutenção da floresta, e colheita e transporte da madeira, sendo que parte dos dados do inventário foi obtida de fontes primárias e outra parte coletada do estudo de Silva (2012). No subsistema *Serraria*, foram incluídas as unidades de processo de desdobro, secagem, geração de energia, e aplainamento, sendo que todos os dados de inventário foram coletados de Milota et al. (2005). Por fim, no subsistema *Produção laboratorial*, foram incluídas as unidades de processo desde o beneficiamento da madeira, encolagem, prensagem, até a saída do painel finalizado. Neste subsistema houve a simulação da manufatura industrial do painel OSB, sendo que todos os dados de inventário foram coletados *in loco*, isto é, foram medidos diretamente em laboratório, conforme será posteriormente detalhado.

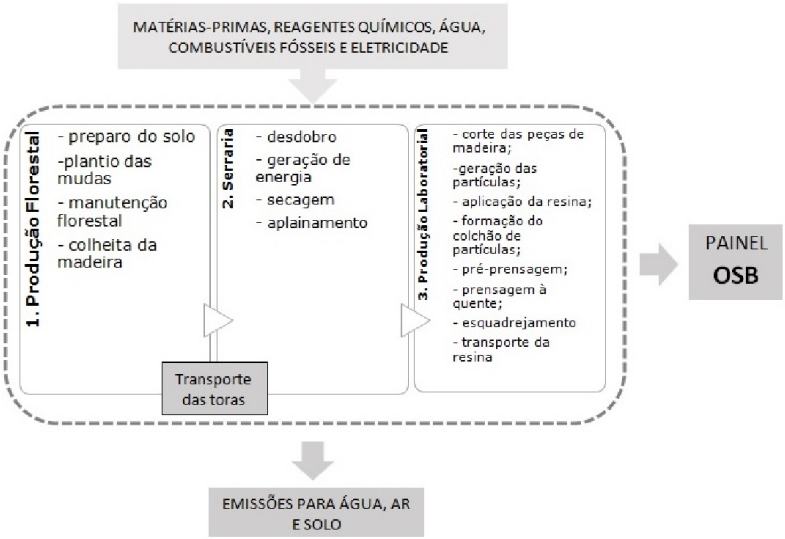


Fig. 2. Sistema de produto para produção do painel *OSB*.

A Tabela 1 mostra as distâncias percorridas no transporte dos principais insumos desde a origem até o destino final.

Tabela 1. Distâncias percorridas no transporte dos insumos utilizados.

Insumos	Origem-destino	Distância percorrida (km)
Toras	Produção florestal-Serraria	130
Resina	Produção da resina-Produção laboratorial (LaMEM)	8

A respeito do subsistema *Produção florestal*, os dados primários sobre a silvicultura de *Pinus s*sp. foram coletados junto à uma unidade florestal situada na região sul do estado de São Paulo. Já o consumo de diesel das máquinas florestais e caminhões utilizados nas atividades de preparo do solo, plantio, manutenção da floresta e colheita e transporte da madeira são provenientes de Silva (2012). Por fim, os dados sobre a produção do diesel, herbicida glifosato e transporte das toras de madeira foram obtidos em bases de dados do *software* GaBI6, versão profissional (PE International, 2014).

No caso do subsistema *Serraria*, foi utilizada a alocação mássica de produtos e co-produtos correspondente ao trabalho de Milota et al. (2005). De acordo com esse processo de alocação, 883,0 kg de madeira serrada de *Pinus* (utilizada como matéria prima para a produção dos painéis OSB) representa 48,9% da massa total de produtos e co-produtos do sistema de serraria. O restante da massa corresponde aos resíduos do sistema, e.g., cascas, serragem e cavacos, respectivamente, representando 13,2%, 6,0% 31,9%, pelo critério de alocação adotado. Portanto, todas as etapas à montante, relacionadas ao subsistema *Produção florestal* foram alocadas de acordo com o critério mássico de 48,9%.

Com relação ao subsistema *Produção laboratorial*, os dados foram coletados de fontes primárias, através de medições *in loco*. Os dados de inventário referentes à madeira e resina foram coletados por intermédio de balanços de massa. Neste caso, tudo que entrou no sistema (matéria-prima e insumos) e tudo que saiu (produto e resíduos) foram convertidos em massa e mensurados. Quanto ao consumo de eletricidade foi calculado a partir da relação entre o tempo de processamento e a potência do motor elétrico dos equipamentos utilizados em cada etapa do processo produtivo. Por fim, os dados da cadeia produtiva da resina e transporte da resina foram obtidos de base de dados internacionais (PE International, 2014).

Para o sistema de produto da Fig. 2, foi adotado o critério de corte com base na massa dos insumos consumidos em quantidades menores que 0,1 % diretamente utilizado. Além disso, também foi adotado o critério de corte pela relevância ambiental. O critério de relevância ambiental incluído no estudo foi baseado nas considerações do estudo de Silva (2012), sendo, portanto, incluído na fronteira do sistema de produto as cadeias produtivas: do herbicida glifosato, a produção e distribuição de energia elétrica nas etapas do processo laboratorial (corte das peças de madeira, geração de partículas, secagem, aplicação da resina, prensagem a quente, esquadrejamento dos painéis *OSB*), e o diesel utilizado nos transportes de cargas, e nas operações de campo durante a *Produção florestal*.

O painel *OSB* foi produzido em escala laboratorial, obedecendo a sequência, apresentada na Fig. 3, sendo: 3.1) corte das peças de madeira; 3.2) geração das partículas; 3.3) aplicação da resina; 3.4) formação do colchão de partículas; 3.5) pré-prensagem; 3.6) prensagem à quente; 3.7) esquadrejamento. Apesar da tecnologia empregada na fabricação do painel *OSB* ser de pequeno porte (escala laboratorial), ela foi baseada nos mesmos procedimentos empregados pela indústria nacional, sendo que as principais diferenças tecnológicas entre o que foi feito em escala laboratorial e o que é feito em escala industrial são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2. Principais diferenças entre Produção laboratorial e Produção industrial

Laboratorial	**Industrial**
Tábuas	Toras
Secagem das tábuas	Secagem das partículas
Resina poliuretana à base de óleo de mamona	Resina à base de Fenol-formaldeído e MDI*
Prensagem à 100 ^{o}C	Prensagem à 160-170 ^{o}C

*Metileno-Difenil-Isocianato– MDI

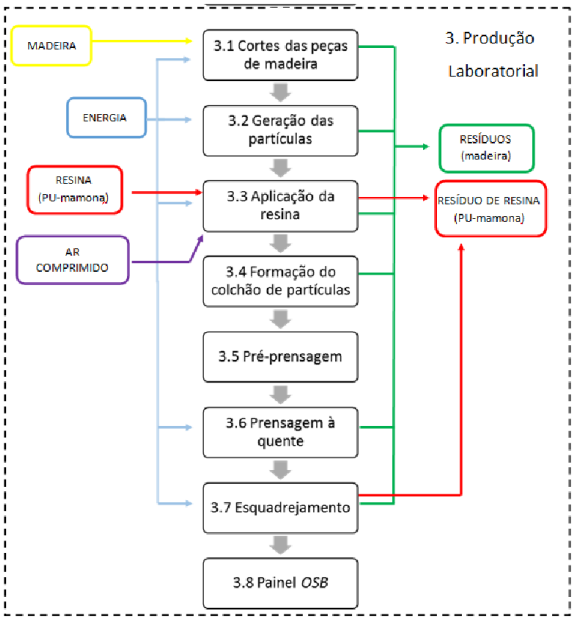


Fig. 3. Etapas da Produção laboratorial do painel *OSB*.

2.3. Unidade funcional e fluxo de referência

Como o produto estudado é um produto intermediário, a unidade funcional e o fluxo de referência são iguais. No caso, foi estabelecida a referência de 1 m³ de painel OSB, *in natura*. Foi considerado neste estudo o painel *OSB* do tipo 3, com espessura de 6-10 mm, densidade 0,7 g/cm³, conforme previsto na norma européia EN 300:2006. Além disso, segundo esta norma, os painéis produzidos devem cumprir os seguintes requisitos:

- Módulo de ruptura na direção paralela à orientação das partículas: 22 MPa;
- Módulo de ruptura na direção perpendicular à orientação das partículas: 11 MPa;
- Módulo de elasticidade na direção paralela à orientação das partículas: 3500 MPa;
- Módulo de elasticidade na direção perpendicular à orientação das partículas: 1400 MPa;
- Adesão interna: 0,34 MPa;
- Inchamento em espessura após 24 horas de imersão em água: 15%.

2.4. Inventário do Ciclo de Vida (ICV)

Para o sistema de produto definido, durante o ICV foram quantificados todos os aspectos ambientais, isto é, foram mensurados os fluxos de materiais e de energia, direta e indiretamente consumidos na produção de 1 m³ de *OSB*. Para o subsistema *Produção florestal*, os principais aspectos ambientais considerados de acordo com Silva (2012), foram: diesel (recurso energético consumido em todas as etapas da cadeia de *Produção florestal* pelos caminhões, tratores, e outras máquinas florestais), e os pesticidas (destaque para o herbicida glifosato, aplicado nas atividades preparo do solo e manutenção da floresta). Além disso, as emissões devido ao consumo desses recursos nas atividades florestais também foram extraídas do estudo de Silva (2012), e adaptadas para o contexto da silvicultura de espécies de *Pinus* spp.

Para o subsistema *Serraria*, os principais aspectos ambientais considerados, de acordo com Milota et al. (2005) foram: diesel (consumido pelos equipamentos nas etapas de desdobro das toras, secagem da madeira e transporte da madeira), madeira, água, lubrificantes (consumidos durante a etapa de desdobro), eletricidade (consumida na etapa de desdobro e secagem da madeira e geração de energia), gasolina para equipamentos, casca e serragem (consumidos na geração de energia), madeira verde e vapor (ambos consumidos na etapa de secagem da madeira). Neste caso, as emissões devido ao consumo desses recursos também foram retiradas do estudo de Milota et al. (2005) e adaptadas para o contexto deste trabalho.

Já para o subsistema *Produção laboratorial* foram considerados: a eletricidade (consumida durante todo o processo de produção dos painéis), resina (transporte e produção) e a madeira (em formato de tábuas).

2.5. Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida (AICV)

O método selecionado para a AICV foi o EDIP-97 (Wenzel et al., 1997), o qual possui categorias de impacto do tipo *midpoint* e, apesar dos resultados dos impactos apresentarem-se numa escala regional, o método avalia mais as substâncias do que o meio em que estão inseridas, possibilitando dar um caráter mais global ao resultado do estudo. Dessa forma, as categorias de impacto selecionadas para o presente estudo são apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3. Categorias de impacto ambiental

Categorias	Unidade De Medida
Consumo de recursos renováveis	kg
Consumo de recursos não-renováveis	kg
Consumo de recursos energéticos	MJ
Aquecimento global	1 kg de CO_2
Depleção de ozônio	1 kg de C_2H_4*
Acidificação	1 kg de SO_2
Enriquecimento de nutrientes (eutrofização)	1 kg de NO^3-
Ecotoxicidade	1 m³ de água e 1m³ de solo
Formação de oxidantes fotoquímicos	1 kg de C_2H_4
Toxicidade humana	1 m³ de ar, 1 m³ de água e 1 m³ de solo

* No software GaBi, para esta categoria os impactos são expressos em termos 1 kg de R11.

2.6. Interpretação

A fase de Interpretação dos resultados foi organizada em duas etapas: 1) identificação dos *hotspots* ambientais presentes ao longo do ciclo de vida do produto; e 2) proposição de melhorias ambientais para reduzir tais *hotspots*.

3. Resultados

Os impactos ambientais da ACV foram mensurados, e estão apresentados na Tabela 4, por subsistema.

Tabela 4. Quantificação dos impactos do ciclo de vida de1 m³ de painel OSB

Categoria de impacto	Produção florestal (PF)	Serraria	Produção laboratorial (PL)	Unidade de medida
Aquecimento global (AG)	5,61E+02	7,78E+01	5,88E+02	kg CO2-Eq.
Depleção da camada de ozônio (DO)	4,32E-25	0,00E+00	9,88E-11	kg R11-Eq.
Acidificação (ACI)	4,94E-04	4,02E-02	1,13E-01	kg SO2-Eq.
Enriquecimento de nutrientes (EN)	8,50E-05	0,00E+00	1,72E-01	1 kg NO_3-Eq.
Ecotoxicidade pelo solo (ETS)	1,16E-06	1,55E-01	6,98E-03	m³-Eq.
Ecotoxicidadecrônicapela água (ETAC)	1,07E+00	0,00E+00	3,10E+00	m³-Eq.
Ecotoxicidadeagudapela água (ETAA)	1,12E-06	9,47E-02	3,36E-01	m³-Eq.
Ecotoxicidade pelo ar (ETAr)	2,99E-10	0,00E+00	6,20E-01	m³-Eq
Formação de oxidantes fotoquímicos (OF)	2,18E+03	5,22E-04	8,53E+00	kg C2H4-Eq.
Toxicidade humana pelo solo (THS)	2,34E+05	9,12E-08	2,34E+05	m³-Eq
Toxicidade humana pela água (THA)	2,34E+05	4,86E-05	2,34E+05	m³-Eq
Toxicidade humana pelo ar (THAr)	2,34E+05	2,09E+04	2,35E+05	m³-Eq

Com base nos resultados apresentados na Tabela 3, a Fig.4 mostra os impactos relativos, expressos em porcentagem, de cada subsistema para o sistema de produto estudado.

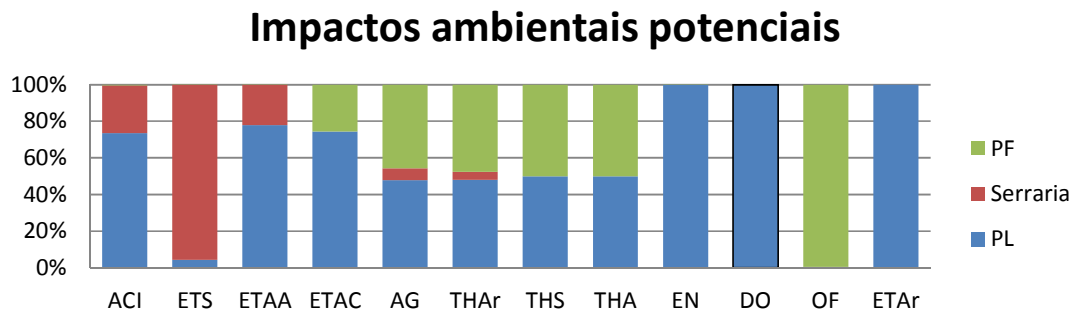


Fig. 4. Impactos ambientais potenciais do sistema de produto estudado.

Pela Fig. 4, assim como pela Tabela 4, os impactos ambientais potenciais do subsistema de *Produção florestal* variaram de 0,05% para EN até 99,62% para OF. A *Produção florestal* apresentou potencial de impacto ambiental superior a 50,00%, em três das doze categorias de impacto avaliadas, sendo elas: OF, THAr, THA e THS, portanto, para todas categorias de impacto toxicológicas e para os três compartimentos ar, água e solo. Os *hotspots* ambientais deste subsistema foram o consumo do herbicida glifosato, utilizado no preparo do solo e na manutenção da floresta, o consumo do diesel,

devido ao seu uso intensivo nas operações de campo durante o preparo do solo, transporte e aplicação de insumos, colheita, extração, processamento, carregamento e transporte da madeira.

Com relação ao subsistema *Serraria*, observou-se na Fig.4, que o potencial de impactos variou de 0,00% para DO, EN, ETAC e ETAr, até 95,7% para a ETS. Os principais responsáveis pelos impactos ambientais neste subsistema foram a geração de energia térmica através da queima da madeira (emissão de gás carbônico, metano, monóxido de carbono e óxido nitroso), e o transporte da madeira (pelo consumo de diesel) da serraria até o laboratório, onde foram produzidos os painéis *OSB*. No entanto, observou-se que o subsistema *Serraria* apresentou, em termos gerais, a menor contribuição de impactos para o perfil ambiental do painel *OSB*.

O subsistema *Produção laboratorial* apresentou potencial de impacto ambiental superior a 50,00%, em seis das doze categorias de impacto, sendo elas: ACI, ETAA, ETAC, EN, DO, ETAr. Os impactos ambientais mensurados variaram de 0,38% para OF até praticamente 100,00% para EN, DO e ETAr. Os substanciais impactos ambientais para EN, DO e ETAr ocorreram, respectivamente, devido ao consumo expressivo de energia elétrica durante a produção dos painéis, e devido a cadeia produtiva do pré-polímero, componente da resina poliuretana que é um derivado do petróleo.Tanto o consumo da energia elétrica quanto o pré-polímero também foram os principais responsáveis pela maioria dos impactos relacionados às categorias ACI, ETAA, ETAC e EN.

A seguir, na Tabela 5, é mostrado um resumo geral dos resultados deste estudo de ACV, sendo destacadas as categorias de impacto ambiental avaliadas, os subsistemas de destaque e os aspectos ambientais mais relevantes dentro de cada subsistema.

Tabela 5. Relação entre os principais aspectos, impactos, e os subsistemas avaliados

Impactos	Subsistema	Aspecto Ambiental
Aquecimento global	Produção florestal	Glifosato / diesel
Depleção de Ozônio	Produção laboratorial	Eletricidade
Acidificação	Produção laboratorial	Eletricidade / resina / diesel
Enriquecimento de nutrientes	Produção laboratorial	Eletricidade/resina
Ecotoxicidade no solo	Serraria	Geração de energia
Ecotoxicidade crônica na água	Produção laboratorial	Eletricidade / resina
Ecotoxicidade aguda na água	Produção laboratorial	Resina
Ecotoxicidade no ar	Produção laboratorial	Resina
Formação de oxidantes fotoquímicos	Produção florestal	Glifosato / diesel
Toxicidade humana na água	Produção florestal	Glifosato / diesel
Toxicidade humana no solo	Produção florestal	Glifosato / diesel
Toxicidade humana no ar	Produção florestal	Glifosato / diesel

De acordo com a Tabela 5, a *Produção laboratorial* foi responsável pela maior parte dos impactos nas categorias avaliadas, principalmente devido ao consumo de eletricidade e da resina poliuretana. Em seguida, destacou-se o subsistema *Produção florestal*, seguido do subsistema S*erraria*.

Com relação ao consumo de recursos para a produção de 1m³ de painel *OSB*, os resultados são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6. Consumo de recursos para fabricação de 1m³ de painel *OSB*

Consumo de recursos	1. Produção florestal
Renováveis	103,00 Kg de *Pinus*
Não renováveis	56,25 Kg

Consumo de recursos	2. Serraria
Renováveis	544,35
Não renováveis	63,84 Kg
Energéticos	138,36 MJ
Consumo de recursos	**3. Produção laboratorial**
Renováveis	686,25 Kg
Não renováveis	56,82 Kg
Energéticos	3159,90 MJ

Pela Tabela 6, observa-se que os maiores consumos de recursos renováveis assim como energéticos ocorreram no subsistema *Produção laboratorial*. Os recursos renováveis referem-se parte a madeira utilizada na produção dos painéis *OSB* (629,43 Kg), e parte ao poliol (56,82 Kg), componente da resina poliuretana. O maior consumo de recurso não renovável ocorreu para o subsistema *Serraria*, e refere-se ao diesel utilizado pelo caminhão bitrem no transporte da madeira por 130 km.

Em relação aos recursos energéticos, para o subsistema *Serraria*, estes corresponderam a energia elétrica e a energia gerada pela queima da madeira. Já para a *Produção laboratorial*, os 3159,90 MJ se devem apenas ao consumo de energia elétrica.

4. Considerações finais

Os impactos ambientais potenciais do painel *OSB* foram avaliados em termos de doze categorias de impactos ambientais: AG, DO, ACI, EN, ETS, ETAC, ETAA, ETAr, OF, THS, THA, THAr.

A *Produção laboratorial* foi onde os impactos ambientais potenciais se apresentaram mais relevantes. Neste subsistema também ocorreu o maior consumo de recursos renováveis e energéticos, sendo, portanto, este o subsistema que necessita de maiores esforços para que ocorram melhorias ambientais significativas, tendo em vista a redução dos *hotspots* identificados. Já o subsistema *Serraria* se destacou pelo maior consumo de recursos não renováveis, devido à utilização do diesel para o transporte da madeira.

Assim, a seguir, são elencadas algumas propostas para redução dos principais *hotspots* identificados no ciclo de vida *cradle-to-gate* da produção de 1 m³ de painel OSB.

- Substituição do glifosato por outro herbicida que seja menos impactante ao meio ambiente. Dessa forma será possível contribuir significativamente para a redução dos impactos para AG, OF, THA, THAr, e THS.
- Redução da quantidade de pré-polímero na composição da resina poliuretana à base de óleo de mamona, de forma a aumentar a quantidade do componente póliol sem comprometer o desempenho físico-mecânico dos painéis *OSB*. Assim, será possível contribuir principalmente para a redução dos impactos para ETAA e ETAr.
- Substituição ou redução da demanda por energia consumida pelo subsistema *Serraria*, que se constitui pela queima da madeira, contribuindo assim com a redução dos impactos para ETS.

5. Referências Bibliográficas

Engineered Wood Association-APA.,2000. Service Life of Oriented Strand Board. North America production by geography.

Engineered Wood Association-APA., 2009. Oriented Strand Board- Product Guide. North America production by geography.

Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2009. NBR ISO 14044: Gestão ambiental – avaliação do ciclo de vida – Requisitos e orientações. Rio de Janeiro.

Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas. 2012. Anuário Estatístico da ABRAF 2013 - ano base 2012. Brasília: STCP Engenharia de Projetos.

Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente., 2007. Estudo Setorial 2007 ano base 2006. Curitiba.

Benetto, E., Becker M.,Welfring, J. 2009. Life Cycle Assessment of Oriented Strand Boards (OSB): from Process. Innovation to Ecodesign Environmental Science Technology, v.43, p. 6003–6009.

Consortium for Research on Renewable Industrial Materials (CORRIM). 2012. Cradle to Gate Life Cycle Assessment of Oriented Strand Board Production from the Southeast. Virginia Tech University.

European Committee for Standardization. 2006. EN 300:Oriented Strand Boards (OSB) - Definitions, classification and specifications. Portugal.

Eisfeld, C. L., Berger R.2011. Análise das estruturas de mercado das indústrias de Painéis de madeira (compensado, MDF e OSB) no estado do Paraná. Floresta, v. 42, n. 1, p. 21-34.

Giannetti, B. F. et al. 2008. Inventário de ciclo de vida da manufatura de seringas odontológicas. Produção,v. 18, n. 1, p. 155-169.

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

Iwakiri, S., 2005. Painéis de madeira reconstituída. Curitiba: FUPEF, 2005. 245 p.

LP Brasil, 2014. Disponível em: <http://www.lpbrasil.com.br/ensaios/Index.asp>. Acesso em: 20 jan.2012.

Milota, M. R.,West, C. D.,Hartley, I. D. 2005.Gate-to-gate life-cycle inventory of softwood lumber production. Wood and Fiber Science, 37 Corrim Special Issue, pp. 47 – 57.

Onduline., 2012.Placas OSB**.** Disponível em:http://www.onduline.com/pt/&module=category&var1=14 &product=20&pr_page=46>. Acesso em: 24 jan. 2012.

PE International.2014.GaBi software – system and databases for life cycle engineering.GaBi professional database 2014.Leinfelden-Echterdingen.

Rebollar, M.; Pérez, R.; Vidal, R. 2007.Comparison between oriented strand boards and other wood-based panels for the manufacture of furniture.Materials Design, v.28, p. 882–888.

Remmen, A., Jensen, A.A., Frydendal, J. 2007. Life cycle management—a business guide to sustainability. UNEP DTIE, Paris.

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

Vieira M. C., Brito E. O., Gonçalves F. G., 2012. Evolução econômica do painel compensado no Brasil e no mundo. Floresta e Ambiente, v. 19, n. 3, p. 277-285.

Wenzel, H.,Hauschilld, M. Z.,Alting, A., 1997. Environmental assessment of products.Methodologytools and case studies in product development.Dordrecht: KluwerAcademic. v.1.

Willers, C. D.,Rodrigues, L. B.,Silva, C. A. 2013. Avaliação do ciclo de vida no Brasil: uma investigação nas principais bases científicas nacionais. Produção, v. 23, n. 2, p. 436-447.