ANÁLISE COMPARATIVA DO CICLO DE VIDA DE CHAPAS METÁLICAS E DE MADEIRA DE COMPENSADO PARA UTILIZAÇÃO EM FÔRMAS PARA CONCRETO ARMADO

RIEHL, A.[1], FASTOFSKI, D. C.[2], SCHAFER, M. [3], TELES, R. D.[4], MANCIO, M.[5]

[1] Universidade do Vale do Rio dos Sinos - Unisinos, mestranda em Engenharia Civil, Engenheira de Produção, e-mail: mimalice@hotmail.com
[2] Universidade do Vale do Rio dos Sinos - Unisinos, mestranda em Engenharia Civil, Arquiteta e Urbanista, e-mail: danielafastofski@yahoo.com.br
[3] Universidade do Vale do Rio dos Sinos - Unisinos, mestrando em Engenharia Civil, Engenheiro Civil, e-mail: mauschafer@gmail.com
[4] Universidade do Vale do Rio dos Sinos - Unisinos, mestranda em Engenharia Civil, Engenheira Civil, e-mail: anedteles@hotmail.com
[5] Universidade do Vale do Rio dos Sinos - Unisinos, professor do Mestrado em Engenharia Civil, Ph. D. em Engenharia Civil, e-mail: mancio@unisinos.com

RESUMO

Uma vez que todo o material produz impacto ambiental durante seu ciclo de vida, sua seleção adequada é premissa para uma construção mais sustentável. A escolha deverá observar desde a extração da matéria-prima, seu beneficiamento e transporte, até a utilização e destinação final. A correta execução da tecnologia empregada também deve ser observada para que não se produzam manifestações patológicas, o que originaria maiores impactos em razão de retrabalhos. Neste contexto, algumas ferramentas vêm sendo aplicadas para auxiliar na seleção de materiais e tecnologias construtivas que determinem menores impactos ambientais. Para este estudo foram realizadas análises comparativas do ciclo de vida de um elemento de fôrmas para concreto armado, por meio de chapas de compensado de madeira e chapas metálicas, através dos softwares GaBi e Bees®. Os resultados demonstraram que o uso de chapas metálicas acarreta em maiores impactos negativos quando comparado ao uso de chapas de compensado de madeira.

Palavras chave: Análise do Ciclo de Vida; Fôrmas; Concreto; Aço; Compensado de madeira.

ABSTRACT

Every material produces environmental impact throughout its life cycle, thus proper selection is an important premise for a more sustainable construction. The choice should take into account the extraction of raw material, its processing and transportation, use and disposal. The correct implementation of the technology must also be observed so as not to produce pathological manifestations that could create major impacts due to repair and rework. In this context, some tools have been applied to assist in the selection of materials and construction technologies which entail less environmental impacts. For this study, comparative analyzes of the life cycle of plywood and steel sheets used for concrete formwork production were performed through GaBi and Bees® softwares packages. The results show that the use of metal plates leads to more negative impacts when compared to using plywood sheets.

Keywords: Life cycle analysis; Formwork; concrete; steel; plywood.

1. INTRODUÇÃO

A análise do ciclo de vida - ACV se trata de uma metodologia na qual são quantificados os fluxos de matéria e energia dos produtos incorporados ao processo construtivo de um edifício, consideradas as etapas do berço ao túmulo, avaliando-se os impactos produzidos por cada elemento (JONH; PRADO, 2010). As definições "cradle to cradle" dadas por Mcdonough e Braungart (2002) propõem um enfoque mais amplo, incorporando o reuso total da edificação, através de projetos de retrofits ou da aplicação de seus elementos em novos empreendimentos.

A aplicação da ACV se mostra complexa por se constituir em um processo abrangente e com poucos dados disponibilizados pelos fabricantes nacionais. Em um futuro próximo, entretanto, competirá a cada fabricante comunicar os dados relativos aos fluxos de matéria e energia dos seus produtos (JONH; PRADO, 2010).

Oliveira (2009) observa que todo material produz impacto ambiental ao longo do seu ciclo de vida, de modo que a especificação adequada se apresenta como princípio para sua redução, verificada ainda a necessidade de serem atendidos requisitos de desempenho e condicionantes econômicos. O grande consumo de matérias-primas e as perdas originadas pelo desperdício também são fatores relevantes na produção de impactos.

O estudo das fôrmas aplicadas na construção civil mostra a diversidade de sistemas usados, de acordo com a finalidade a que se destinam. Fôrmas são elementos provisórios com função de moldar estruturas de concreto até que as mesmas possam responder aos esforços solicitados, garantindo-se as dimensões desejadas. Para tanto, devem apresentar resistência para suportar o seu peso próprio, o peso do material e o empuxo lateral do concreto, o trânsito de pessoas e de equipamentos, mantendo rigidez e estabilidade, que são garantidas através de suportes e contraventos (VOLKWEIS, 2009).

Para efeitos da aplicação da metodologia de ACV, este trabalho tem por objetivo analisar as chapas empregadas em fôrmas de madeira e metálicas, em se tratando de uma aplicação de baixa durabilidade, observadas a qualidade construtiva resultante, a necessidade de montagem e desmontagem e a capacidade de reaproveitamento das estruturas.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A seleção de componentes e de processos que se mostrem ambientalmente mais sustentáveis pode ter como suporte o uso de ferramentas computacionais. Para a ACV desenvolvida neste estudo foram utilizados o Ganzheitliche Bilanzierung (GaBi6) e o Building for Environmental and Economic Sustainability (BEES®), sendo observadas as etapas de produção, uso, reuso e destinação final dos materiais empregados em 1m² de chapas metálicas e de compensado de madeira que compõem fôrmas para concreto armado, analisando-se o aquecimento global, o esgotamento do ozônio e a ecotoxicidade.

2.1 GaBi

O GaBi é um software que possibilita a construção de balanços de ciclo de vida, cujo sistema atua com a manipulação de uma grande quantidade de dados e com a modelagem do ciclo de vida do produto, ajudando a agregar os resultados e calculando tipos diferentes de balanços (FERREIRA, 2004).

O software é embasado em um conceito modular, onde planos, processos, fluxos e respectivas funcionalidades definem unidades modulares. Deste modo, os dados para análise de impactos, os inventários e os modelos de ponderação são separados em módulos facilmente manuseados e interligados, compreendendo as diversas etapas do ciclo de vida, dadas por produção, uso e deposição. Além disso, software e base de dados conformam unidades independentes.

As bases de dados do GaBi são instaladas a partir de uma estrutura básica cuja interface é disponibilizada pelo próprio software e onde os dados que estão armazenados podem ser lidos e modificados. Segundo Ferreira (2004), desde que foi introduzido em 1990 este software tem sido um dos mais utilizados na análise ambiental de produtos.

2.2 Bees

Para a caracterização da chapa de compensado de madeira foi utilizado o software BEES®. O fluxograma da chapa de compensado de madeira realizado no software GaBi foi adaptado a partir do fluxograma disponibilizado pelo software BEES, apresentado na figura 1.

Através de um memorial descritivo, o programa BEES informa a origem e descreve processos referentes à chapa de compensado de madeira, para inserção na base de dados do programa.

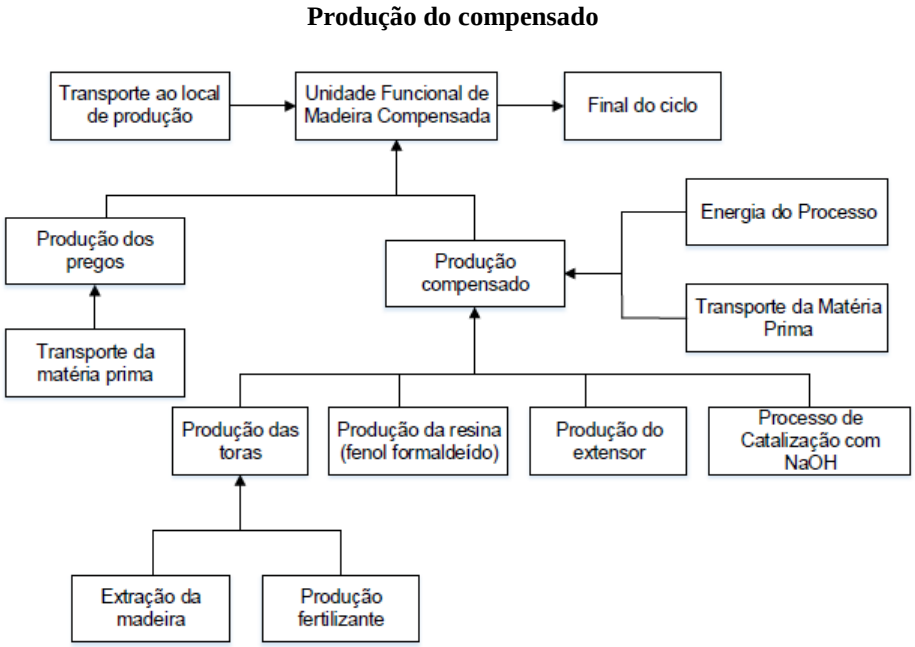

Figura 1: Fluxograma de ACV obtido a partir do software BEES (fonte: BEES, 2013).

2.3 ACV na aplicação de fôrmas de madeira

As fôrmas de madeira tem seu emprego mais difundido na construção civil por utilizar mão de obra que requer um treinamento simples, pelo uso de equipamentos e complementos de baixa complexidade e menores custos, pela boa resistência a impactos e ao manuseio no transporte e armazenagem, por ser um material reciclável, possibilitando reuso, e por expor características físico-químicas condizentes com a sua aplicação.

As restrições ao uso de madeira como elemento de sustentação e molde para concreto armado se devem a pouca durabilidade e resistência nas ligações e emendas, às grandes deformações quando submetida a variações bruscas de umidade e por se tratar um material inflamável.

A madeira é um dos recursos mais consumidos na construção civil. Como observam Meirelles et al. (2012), grande parte da madeira usada pelo setor é subutilizada, através da confecção de fôrmas aplicadas na execução de estruturas em concreto armado, precocemente descartadas.

O uso racional deste insumo deve considerar a minimização dos impactos dados pela extração centrada em poucas espécies, observando-se ainda a necessidade de reciclagem, de redução na geração de resíduos e de ampliação de seu ciclo de vida, o que pode resultar de uma seleção correta e de adequados procedimentos de secagem e de preservação (PASINI, 2010). A opção pelas madeiras certificadas também pode contribuir para o uso sustentável do recurso.

A figura 2 apresenta o fluxograma de ACV tendo em vista a aplicação de fôrmas de madeira.

Chapa de Compensado de Madeira

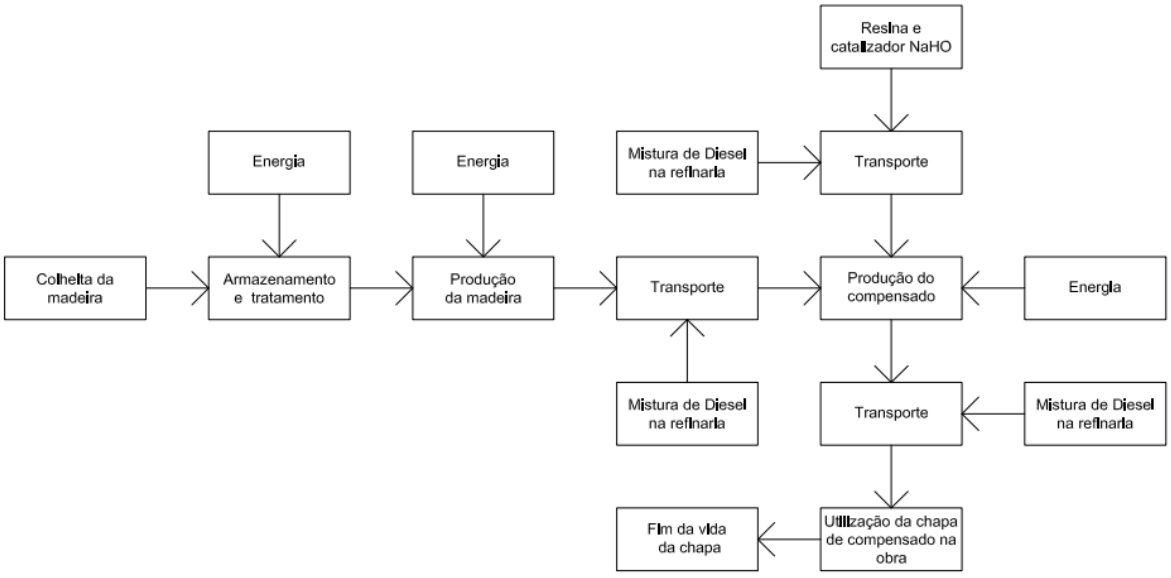

Figura 2: Fluxograma de ACV obtido a partir do software GaBi para fôrmas de madeira, adaptado do fluxograma obtido através do software BEES (fonte: dos autores, 2013).

2.4 ACV na aplicação de fôrmas metálicas

As fôrmas metálicas são reaproveitáveis, moduláveis e incorporam-se à linha de montagem da obra, sendo que projeto adequado e mão de obra capacitada podem tornar sua aplicação mais econômica. O custo final do sistema poderá depender do planejamento da obra, pois uma vez que as fôrmas em geral são alugadas, este estará relacionado aos dias em que as mesmas são efetivamente utilizadas (AZEVEDO, 2008).

As fôrmas metálicas possibilitam um maior número de reaproveitamentos, no entanto se trata de um maior investimento inicial quando comparadas às fôrmas de madeira. Apesar do custo mais alto, seu uso apresenta vantagens em produções em larga escala, pela facilidade de reaproveitamento do sistema, principalmente em obras de grande porte e com repetitividade (AZEVEDO, 2008).

Ainda segundo Azevedo (2008), as fôrmas industrializadas podem proporcionar o aumento da produtividade, conforme a experiência e as soluções adotadas pela construtora, podendo-se alcançar níveis 50% maiores quando comparadas a fôrmas convencionais (AZEVEDO, 2008).

A partir da figura 3 tem-se o fluxograma obtido a partir da ACV tendo em vista a aplicação de fôrmas metálicas.

Formas metálicas

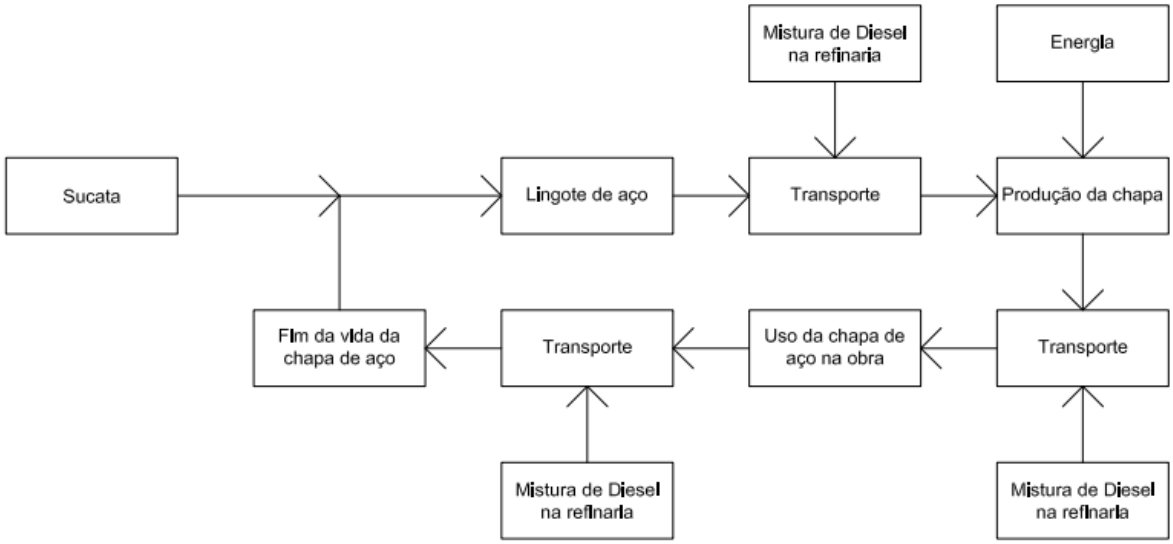

Figura 3: Fluxograma de ACV obtido a partir do software GaBi para fôrmas metálicas (fonte: dos autores, 2013).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os gráficos apresentados na sequência são provenientes de avaliações relacionadas a aspectos ambientais e de ACV, produzidas a partir dos softwares BEES e GaBi.

A figura 4 se refere às emissões de dióxido de carbono - CO_2 geradas durante o ciclo de vida de chapas de metal e seus percentuais em relação ao total da emissão.

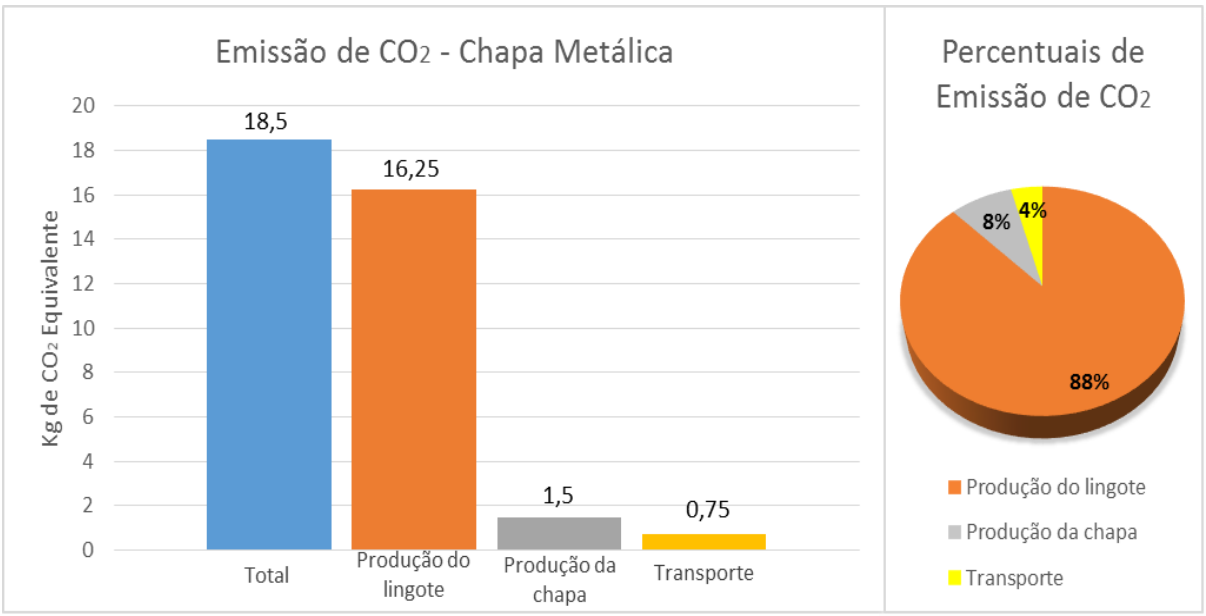

Figura 4: Emissões de CO_2 resultantes do ciclo de vida de chapas metálicas (fonte: dos autores, a partir do software BEES, 2013).

A figura 5 se refere às emissões de CO_2 geradas durante o ciclo de vida de chapas de madeira e seus percentuais em relação ao total da emissão.

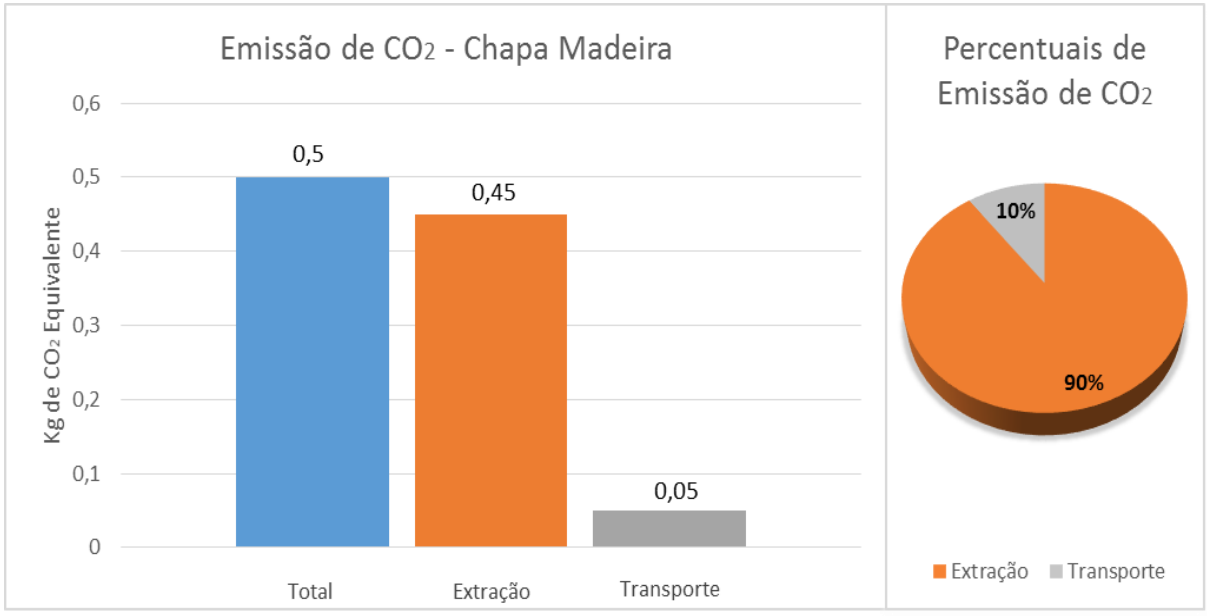

Figura 5: Emissões de CO_2 resultantes do ciclo de vida de chapas de madeira (fonte: dos autores, a partir do software BEES, 2013).

Através dos gráficos ilustrados se verifica que a maior emissão de CO_2 decorre do processo de produção dos lingotes de aço. O total da emissão é de 18,5 Kg de CO_2, sendo que destes 88%

referem-se a etapa de produção do lingote (16,25 Kg de CO_2). Para as chapas de madeira, dos 0,5 Kg CO_2/unit emitidos, aproximadamente 90% estão relacionados à etapa de extração da madeira (0,45 Kg CO_2/unit) para a produção da chapa de madeira. O processo de transporte da chapa de madeira representa 10% do total de emissões (0,05 Kg CO_2/unit), enquanto na chapa de aço esta etapa representa apenas 4% (0,75 Kg CO_2). Quanto à manufatura a emissão foi de 8% (1,5 Kg CO_2) do total para as chapas metálicas, enquanto que para a de madeira não foi possível identificar este parâmetro.

A figura 6 apresenta os valores do esgotamento de Ozônio durante o ciclo de vida de chapas metálicas.

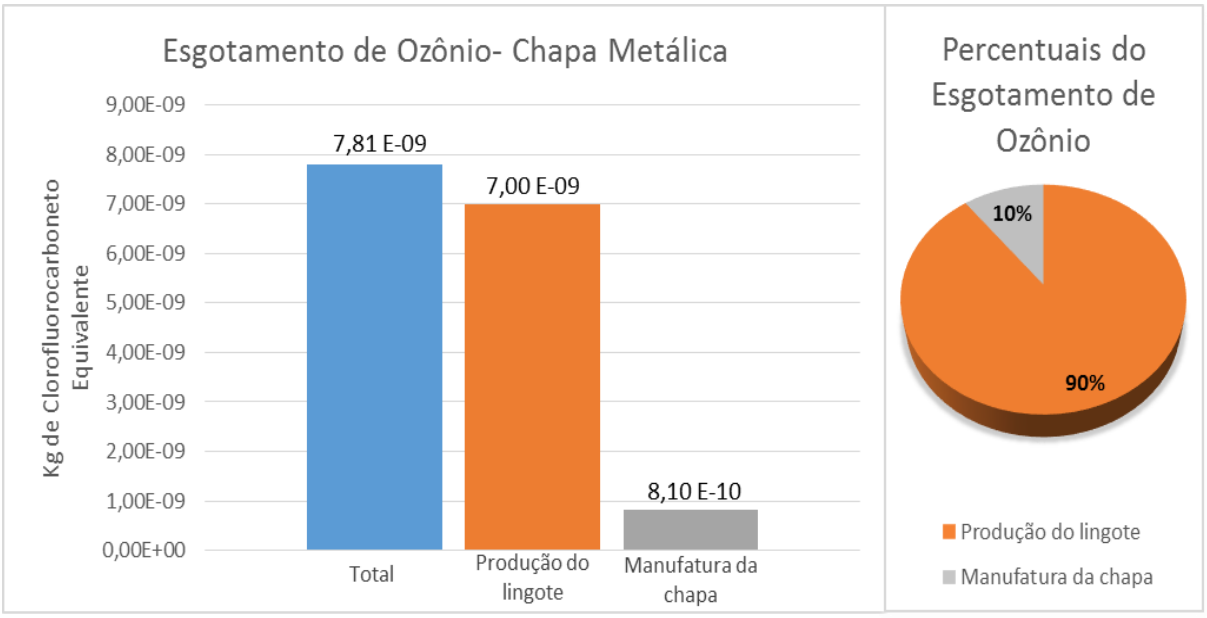

Figura 6: Valores de esgotamento de Ozônio resultantes do ciclo de vida de chapas metálicas (fonte: dos autores, a partir do software BEES, 2013).

Quanto ao esgotamento de Ozônio, a produção das chapas metálicas representa 90% do valor total (7,00 E-9 kg). Os demais 10% provêm do processo de manufatura, totalizando 7,81E-9 kg de Clorofluorocarboneto equivalente - CFC. Por outro lado, a produção de chapas de madeira não apresenta esgotamento de Ozônio, segundo os parâmetros do software utilizado.

De modo geral, os gráficos demonstram que o processo de fabricação das chapas metálicas corresponde à etapa em que se encontram os maiores impactos.

Cabe ressaltar que na indústria metal mecânica o controle e a fiscalização são mais rígidos quando comparados aos da indústria madeireira, de modo que seus dados possam vir a ser mais fidedignos, influenciando diretamente nos resultados obtidos neste estudo.

4. CONCLUSÃO

O conceito de sustentabilidade na construção civil se encontra pautado na racionalização nos processos construtivos e no uso de recursos, cuja seleção deve ser embasada em critérios pelos quais se demonstre a produção de menores impactos durante o ciclo de vida do insumo.

A aplicação de softwares como o GaBi e o BEES® se mostra importante para a realização de uma análise adequada em que se vise a especificação de materiais que proponham um ciclo de vida mais racional quanto ao aspecto ambiental. Por se tratarem de diferentes ferramentas, consequentemente alguns parâmetros também são distintos entre si, o que dificulta uma análise mais objetiva. Ainda assim, é possível verificar que para as chapas metálicas a etapa de produção é a que mais gera impactos, enquanto para as de madeira esta se refere a sua extração.

Quanto à emissão de CO_2, a chapa de aço apresentou valor quarenta e quatro vezes superior à chapa de madeira de compensado. A chapa metálica apresentou índices de esgotamento de ozônio, enquanto na chapa de madeira não houve esta evidência.

Maiores estudos relacionados aos critérios de avaliação dos softwares se mostram necessários. É fundamental ainda que se obtenham dados adaptados para a realidade brasileira, de modo que se possa melhor aplicar essa metodologia, gerando-se assim informações mais precisas.

5. REFERÊNCIAS

AZEVEDO, G. A. T. de. **Avaliação técnica para definição de fôrmas na construção civil.** Universidade Anhembi Morumbi. São Paulo, 2008.

CALDEIRA-PIRES, A. **Princípios do GaBi 4 para Estudos de ACV. Curso de Especialização em Gerenciamento de Tecnologias Ambientais para a Produção Limpa.** Departamento de Engenharia Ambiental – UFES, 2006.

FERREIRA, J. V. R. **Gestão ambiental - análise de ciclo de vida dos produtos.** Instituto Politécnico de Viseu. 2004.

HOLLERSCHMID, Milton. **Utilização de fôrmas na construção de edifícios.** Trabalho de conclusão de Curso de Engenharia Civil. Universidade Anhembi Morumbi. São Paulo, 2003.

JOHN, V. M; PRADO, R. T. A. **Boas práticas para habitação mais sustentável.** São Paulo: Páginas e Letras - Editora e Gráfica, 2010.

KUSSAMA, D. Y. **A industrialização da construção como elemento da qualidade de projeto para uma arquitetura ambientalmente correta.** 2005. 63 f. Trabalho de Conclusão do Curso de Pós-Graduação (Especialista em Arquitetura Ambiental) - Programa de Pós-Graduação em Arquitetura Ambiental, Universidade Gama Filho, Rio de Janeiro, 2005.

MCDONOUGH, W.; BRAUNGART, M. **Cradle to Cradle:** Remaking the way we make things. Edição 1ed. Nova Iorque: North Point Press, 2002.

MEIRELLES, C. R. M. et al. Sustentabilidade e ciclo de vida na produção dos edifícios em madeira no Brasil. In: Seminário Nacional de Construções Sustentáveis - SNCS, 2, 2012, Passo Fundo. **Anais eletrônicos...** Passo Fundo, 2012. Disponível em: <http://sncs.imed.edu.br/anais/index.php>. Acesso em: 09 nov. 2013.

OLIVEIRA, C. N. de. **O paradigma da sustentabilidade na seleção de materiais e componentes para edificações.** Florianópolis. 2009. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, 2009.

VOLKWEIS, Débora. **Madeiras para fôrmas e escoramentos de estruturas.** Trabalho de conclusão do Curso de Engenharia Civil. Universidade Regional de Blumenau. FURB. Blumenau, 2009.