

Ferramentas de projeto para a avaliação da sustentabilidade de uma edificação de eucalipto na região Sul de Santa Catarina

Design tools for assessing the sustainability of a eucalyptus building in the Southern region of Santa Catarina

DOI: 10.34117/bjdv8n4-325

Recebimento dos originais: 21/02/2022

Aceitação para publicação: 31/03/2022

Janice Bernardo

Instituição: Universidade Federal do Paraná (UFPR)

Endereço: Rua XV de novembro, 1299 - Centro, Curitiba - PR, CEP: 80060-000

E-mail: janicebs@gmail.com

Julio Bernardo da Silva Filho

Instituição: Universidade Alto Vale do Rio do Peixe (UNIARP-SC)

Endereço: Rua Victor Baptista Adami, 800 - Centro, Caçador - SC, CEP: 89500-000

Jaasiel Sarto Martins Borba

Instituição: Universidade Tecnológica do Paraná (UTFPR)

Endereço: Av. Profa. Laura Pacheco Bastos, 800 - Industrial, Guarapuava - PR, CEP: 85053-525

Marcio Pereira da Rocha

Instituição: Universidade Federal do Paraná (UFPR)

Endereço: Rua XV de novembro, 1299 - Centro, Curitiba - PR, CEP: 80060-000

RESUMO

As edificações de madeira são as mais indicadas e estão relacionadas aos impactos positivos ao meio ambiente, tratando-se dos baixos índices de resíduos gerados. Trata-se de uma construção seca que não consome água, em comparação aos volumes necessários para a produção de concreto e nas alvenarias. O Paraná e Santa Catarina configuram entre os Estados com maior volume de pinus e eucaliptos plantados, e são considerados de importância no cenário da produção nacional. Este estudo se propôs a aplicação do software REVIT com base na metodologia de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) para o projeto de uma edificação de eucalipto, com objetivo de analisar os impactos da construção civil, utilizando matéria-prima proveniente de plantios da região Sul do Brasil. O projeto da edificação foi elaborado com as ferramentas do REVIT, a plataforma gerou dados de volume, fornecendo meios de quantificação da entrada, descrição da matéria-prima e saídas dos produtos. A porcentagem de perda de produto é alta no estudo avaliado, no entanto, trata-se de uma produção que utiliza matéria-prima local com reutilização do resíduo para a energia de biomassa. O processamento da madeira é feito na mesma região da extração das árvores, distando cerca de 20 km, o que gera impactos positivos em termos de redução no consumo de combustíveis e minimização das emissões atmosféricas.

Palavras-chave: casa de madeira, avaliação do ciclo de vida (acv).

ABSTRACT

Wood buildings are the most indicated and are related to the positive impacts to the environment, dealing with the low levels of waste generated. It is a dry construction that does not consume water, in comparison to the volumes needed for the production of concrete and masonry. Paraná and Santa Catarina are among the states with the largest volume of planted pine and eucalyptus, and are considered of importance in the national production scenario. This study proposed the application of REVIT software based on the Life Cycle Assessment (LCA) methodology to the design of a eucalyptus building, in order to analyze the impacts of construction, using raw material from plantations in southern Brazil. The building project was prepared with REVIT tools, the platform generated volume data, providing means to quantify the input, raw material description and product outputs. The percentage of product loss is high in the evaluated study, however, it is a production that uses local raw material with reuse of the residue for biomass energy. The wood processing is done in the same region where the trees are extracted, about 20 km away, which generates positive impacts in terms of reduction of fuel consumption and minimization of atmospheric emissions.

Keywords: wooden house, life cycle assessment (lca).

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, a geração de resíduos provenientes da construção e demolição é considerada alta e de grande risco ambiental, pode corresponder até cerca de 70% da massa de lixo urbano de uma cidade de médio a grande porte. Nas últimas décadas, a construção civil vem trazendo alto índice degradante e impactos negativos ao meio ambiente.

A geração de CO₂ pelas atividades relacionadas à construção civil é um parâmetro de sustentabilidade particularmente relevante no Brasil. O CO₂ embutido é calculado a partir da discriminação dos consumos energéticos em fontes primárias e respectivos fatores de geração de CO₂. Além da geração de energia são consideradas também as reações específicas dos processos de fabricação dos materiais de construção (Tavares, 2006).

Em termos de desenvolvimento sustentável para projetos conscientes são indicadas as soluções que utilizem madeira, de base sólida ou painéis, sendo empregada nos elementos estruturais ou nas vedações verticais, e em outros componentes como portas, pisos e esquadrias. As madeiras provenientes de florestas plantadas são a garantia do uso de uma matéria-prima renovável, que demanda baixo consumo energético para a sua produção, e que sequestra carbono da atmosfera durante o crescimento da árvore.

Ao invés de projetar soluções e ter que buscar investimentos para reparação dos danos feitos, o conceito de ciclo de vida dos produtos busca analisar os impactos e reunir vantagens econômicas e ambientais (Thiébat, 2011). A Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), também denominada avaliação do berço ao túmulo, inclui dados da matéria-prima e insumos, seu processamento e uso, até a

deposição final. A metodologia compreende as seguintes etapas: definição dos objetivos e escopo, análise de inventários, avaliação dos impactos e interpretação (ABNT, 2009a; 2009b).

O Inventário do Ciclo de Vida (ICV) é um dos mais importantes procedimentos da ACV, na qual são feitos os levantamentos quantitativos de todas as entradas (materiais, energia e recursos) e saídas (produtos, subprodutos, emissões etc.).

Os inventários possibilitam a identificação de limitações ou a necessidade de maiores informações para a avaliação do processo, auxiliam na tomada de consistência dos dados e viabilizam a obtenção de resultados mais precisos e confiáveis (Frankl e Rubik, 2000).

A Avaliação dos Impactos do Ciclo de Vida (AICV) visa prover informações adicionais na avaliação dos resultados do ICV. Além da seleção das categorias e subcategorias de impacto, provê a caracterização dos métodos e modelos; deve auxiliar na classificação, agregação e caracterização dos dados de acordo com o desempenho dos pontos de referência (UNEP/SETAC, 2009).

A interpretação do ciclo de vida é considerada a fase final, nesta etapa os resultados do ICV e da AICV são analisados e discutidos constituindo a base para as conclusões, as recomendações e as futuras mudanças ou decisões a serem tomadas conforme os objetivos e o escopo definidos inicialmente.

A utilização de *softwares* para o desenvolvimento de projetos vem agregando precisão e rapidez na leitura das informações, além de qualidade gráfica nos desenhos de arquitetura. O *software* de construção Autodesk® REVIT® desenvolve o desenho técnico 2D, a modelagem 3D e as tabelas de quantificação de materiais de modo simultâneo, podendo ser associada a tecnologia *Building Information Modeling* (BIM).

O BIM ou Modelagem da Informação da Construção pode contribuir na integração com outros projetos, permite o compartilhamento de dados em um único modelo. As Ferramentas BIM fornecem diferentes bibliotecas pré-definidas com objetos de geometria fixa e paramétrica, formando uma base de dados confiável para decisões. Tem sido considerada uma ferramenta de potencialidade para a ACV Figura 1 (Azevedo, 2019).

Este estudo se propôs a aplicação do *software* REVIT com base na metodologia de ACV para o projeto de uma edificação de eucalipto, com objetivo de analisar os impactos da construção civil, utilizando matéria-prima proveniente de plantios da região Sul do Brasil.

Figura 1: Ciclo de vida da edificação com o uso da tecnologia BIM (Azevedo, 2019)



Madeira de Eucalipto

Os relatórios da ABRAF e IBA revelam que mais de 70% da silvicultura no Brasil é feita com espécies de Eucalipto, mais de 20% com pinus e apenas o restante abrange, juntamente com outras espécies, o pinheiro do Paraná (ABRAF, 2016; IBA, 2017).

Paraná e Santa Catarina configuram entre os Estados com maior volume de eucaliptos e pinus plantados, sendo considerados de importância no cenário da produção nacional. A região sul do país tem uma área plantada de 646 mil ha (12% da área total do país) e o Estado de Santa Catarina apresenta 112 mil ha plantados de Eucalyptus. A produtividade do Pinus no Estado de Santa Catarina pode atingir 44 m³/ha.ano e do Eucalipto 40 m³/ha.ano (ACR, 2016).

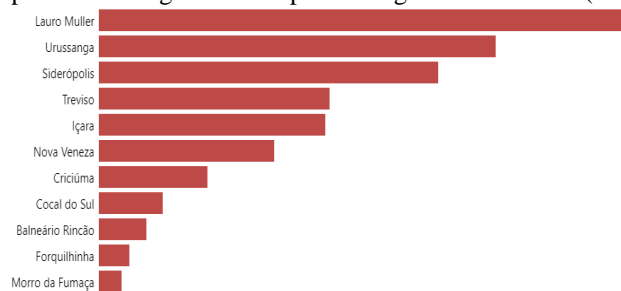
O setor madeireiro desempenha papel significativo no cenário socioeconômico e ambiental, as florestas plantadas se destacam como fonte de matéria-prima para o desenvolvimento industrial com a transformação de toras em madeira e em produtos de maior valor agregado. Os principais produtos da cadeia produtiva da madeira podem ser a biomassa, o cavaco para celulose, o carvão vegetal, a madeira serrada para construção e embalagens, as lâminas de madeira e a madeira tratada para vigas e mourões.

No Estado de Santa Catarina são 14,8 mil empresas que atuam no Setor, distribuídas em: 49% na indústria madeireira (incluindo madeira serrada, compensado, painéis reconstituídos, produtos de maior valor agregado, etc.), 43% na indústria de móveis, com predominância de madeira, 5% em atividades correlatas à silvicultura (implantação e produção florestal), e 3% na produção de celulose e papel/papelão.

Grandes empresas têm investido na utilização dos próprios recursos dos plantios florestais (incluindo resíduos e desbastes) para a obtenção de calor e vapor produzidos da queima de biomassa e para a geração de energia.

A Figura 2 mostra o gráfico do desenvolvimento da silvicultura, em destaque os municípios com áreas de plantio da Microrregião de Criciúma que alcançou 11.555 ha no ano de 2017, segundo os dados do IBGE, prevalecendo o plantio de eucalipto. Entre eles os maiores são Lauro Muller (2845 ha) e Urussanga (2104 ha).

Figura 2: Área plantada de alguns municípios da região de Criciúma (INFOAGRO, 2020)

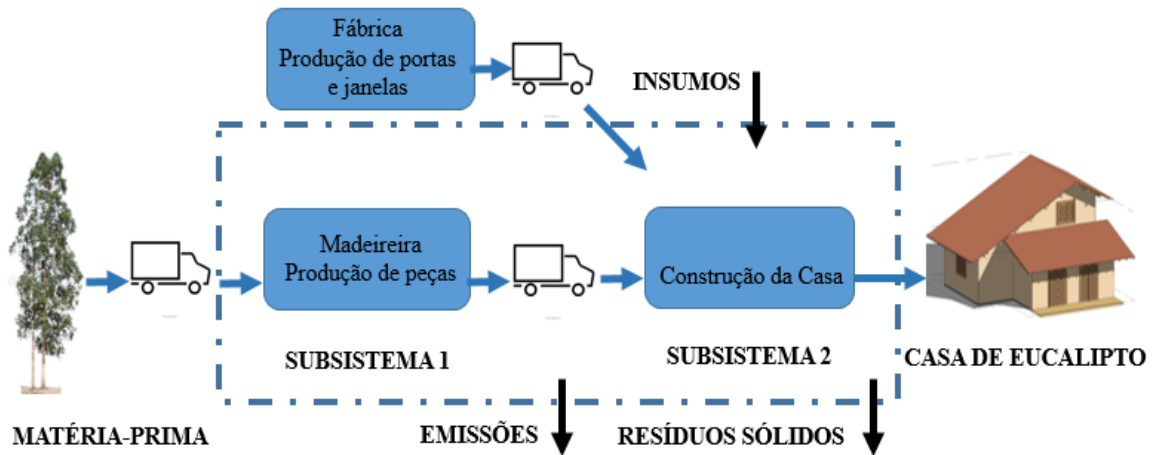


2 METODOLOGIA

Este estudo foi desenvolvido com base na metodologia de ACV e concentrou-se na segunda etapa - o Inventário do Ciclo de Vida (ICV) - para tal definiu-se como objetivo a elaboração do inventário das etapas de produção de uma casa de eucalipto com auxílio do REVIT. O escopo deste estudo consiste na definição das etapas: sistema de produto, fronteira do sistema, unidade funcional, fluxo de referência, processos, e processos elementares (ABNT, 2009a; 2009b).

Sendo definidos o sistema de produto (subsistema 1 e subsistema 2), conforme apresentado no diagrama da figura 3. A fronteira do sistema de produto foi considerada da entrada dos insumos, produção dos elementos de madeira na madeireira, até a construção da casa na obra, e elaborado em termos da unidade funcional metros cúbicos (m³). A origem da madeira é a floresta plantada e alguns dos materiais a tecnosfera.

Figura 3: Sistema de Produto



O desenvolvimento do projeto foi feito com as ferramentas comuns de modelagem do sistema REVIT, que compreende componentes de construção: parede, piso, forro etc. São predefinidas as respectivas dimensões e então selecionado o tipo desejado, com isso é feito o desenho. Depois de desenhado podem ser geradas diversas tabelas com as informações que contém cada elemento.

Na Tabela 1 pode ser observado de modo geral, os materiais da edificação relacionados a cada pavimento; sendo especificado o cálculo do comprimento, da área e do volume. Os elementos de cobertura e peças estruturais de madeira estão referidos na Tabela 2, trazendo o cálculo linear do comprimento e o volume de madeira empregada.

Tabela 1: Modelo de tabela gerada no REVIT

<i>Floor Schedule (Piso)</i>				
<i>Level</i>	<i>Structural Material (cm)</i>	<i>Perimeter</i>	<i>Area</i>	<i>Volume</i>
01 - TERREO	LAJE CONCRETO e= 10	2633 cm	39 m ²	3.86 m ³
01 - TERREO	PISO DE MADEIRA e=2.2	1188 cm	5 m ²	0.11 m ³
01 - TERREO	PISO CERAMICO 40 x 40	4247 cm	37 m ²	0.37 m ³
02 - MEZANINO	PISO DE MADEIRA e=2.2	1633 cm	14 m ²	0.32 m ³

Tabela 2: Elementos estruturais de madeira - tabela gerada no REVIT

<i>Structural Framing Schedule (Estrutura Cobertura)</i>		
Type	Length	Volume
CAIBRO 5 x 7 cm	15623 cm	0.55 m ³
TERÇA 8 x 12 cm	6705 cm	0.64 m ³
VIGA DE MADEIRA 8 x 12cm	3045 cm	0.29 m ³
Grand total: 59	25373 cm	1.48 m ³

Na Tabela 3 estão descritas as informações documentais sobre os materiais utilizados. Cada coluna representa uma informação inserida pelo projetista, durante a fase de projeto ou na etapa de quantificação. A *Keynote* refere-se a indicação do elemento, *Assembly Code* é a coluna de interface entre programas e *Omniclass Number* é a numeração de linguagem para computador. Tais indicações permitem a associação de dados com o BIM e outros programas como o SimaPro. No campo *Manufacturer* são inseridos dados referentes ao fabricante ou produtor. Nas colunas *Type Comments* e *Description* outros itens de descrição do produto, uso ou aplicação são distintos; e quando disponíveis, são acessados da base de dados e bibliotecas dos fabricantes. Outras colunas também podem ser inseridas como a numeração do Documento de Origem Florestal (DOF) o que permitiria rastreabilidade à origem da madeira.

Tabela 3: Descrição dos materiais - tabela gerada no REVIT

<i>Structural Column - Descrição do Material (Pilares)</i>					
<i>Keynote</i>	<i>Assembly Code</i>	<i>OmniClass Number</i>	<i>Manufacturer</i>	<i>Type Comments</i>	<i>Description</i>
35274 pilares	0M.20.30.03. 01.01.11	23.25.30. 11.14.11	Madeira Criciúma-SC	em <i>E. urograndis</i> <i>saligna</i>	<i>E.</i> Origem dos plantios Urussanga e Nova Veneza-SC
<i>Structural Framming - Descrição do Material (Vigas, Terças e Caibros)</i>					
4425 vigas	0M.20.30.03. 01.01.11	23.25.30. 11.14.11	Madeira Criciúma-SC	em <i>E. urograndis</i> <i>saligna</i>	<i>E.</i> Origem dos plantios Urussanga e Nova Veneza-SC
4513 terças	0M.20.30.03. 01.01.12	23.25.30. 11.14.12	Madeira Criciúma-SC	em <i>E. urograndis</i> <i>saligna</i>	<i>E.</i> Origem dos plantios Urussanga e Nova Veneza-SC
4512 caibros	0M.20.30.03. 01.01.13	23.25.30. 11.14.13	Madeira Criciúma-SC	em <i>E. urograndis</i> <i>saligna</i>	<i>E.</i> Origem dos plantios Urussanga e Nova Veneza-SC

3 RESULTADOS

O projeto objeto deste estudo trata-se de uma casa de veraneio construída no litoral catarinense no município de Garopaba. A casa possui 53 m², 39 m² no térreo e 14 m² de área no mezanino (Figura 4). O embasamento foi executado em blocos de concreto, as paredes das áreas úmidas são de alvenaria de tijolos, o piso do térreo e as em telhas em cerâmica. Os demais elementos são de madeira de eucalipto, considerando: paredes, estruturas (pilar, viga e caibros), piso do mezanino, deck e esquadrias (Tabela 1). O sistema de construção é o de peças verticais em paredes de encaixe macho e fêmea, travessas de horizontais de contra-ventamento e fixação por pregos galvanizados. O projeto arquitetônico segundo as ferramentas de modelagem e representação gráfica REVIT pode ser observado na Figura 4.

A origem das toras é de um plantio florestal misto de *E. urograndis*, *E. saligna*, com 20 anos, segundo dados obtidos na madeireira, e provém de plantios dos municípios de Urussanga e Nova Veneza SC.

Subsistema 1 – Produção - O processamento das toras ocorreu na madeira localizada em Criciúma-SC, sendo que o desdobro foi feito em peças de 1 polegada, depois perfiladas e aplainadas em peças de dimensões: 1,8x7; 2,2x6,5; 5x7; 8x12; 10x10 (centímetros).

Subsistema 2 – Construção - Para o escopo deste estudo não foi considerada a execução na obra, sendo excluídas as etapas: embasamento, paredes em alvenaria, piso cerâmico e telhado, assim como os projetos elétrico e hidro sanitário.

Os processos complementares de produção de pisos, telhas e esquadrias não estão inseridos neste sistema.

A tabela 4 demonstra os valores obtidos das tabelas geradas pelo sistema REVIT, informados em volume do material, e foram compilados os dados referentes ao Subsistema 1 - produção das peças de madeira. Alguns elementos, não possuem a mesma extração de dados no REVIT entre eles: as portas e janelas, o guarda-corpo e a escada, não sendo geradas informações em volume, somente largura e altura.

Figura 4: Projeto de uma casa de eucalipto, prancha gerada no REVIT

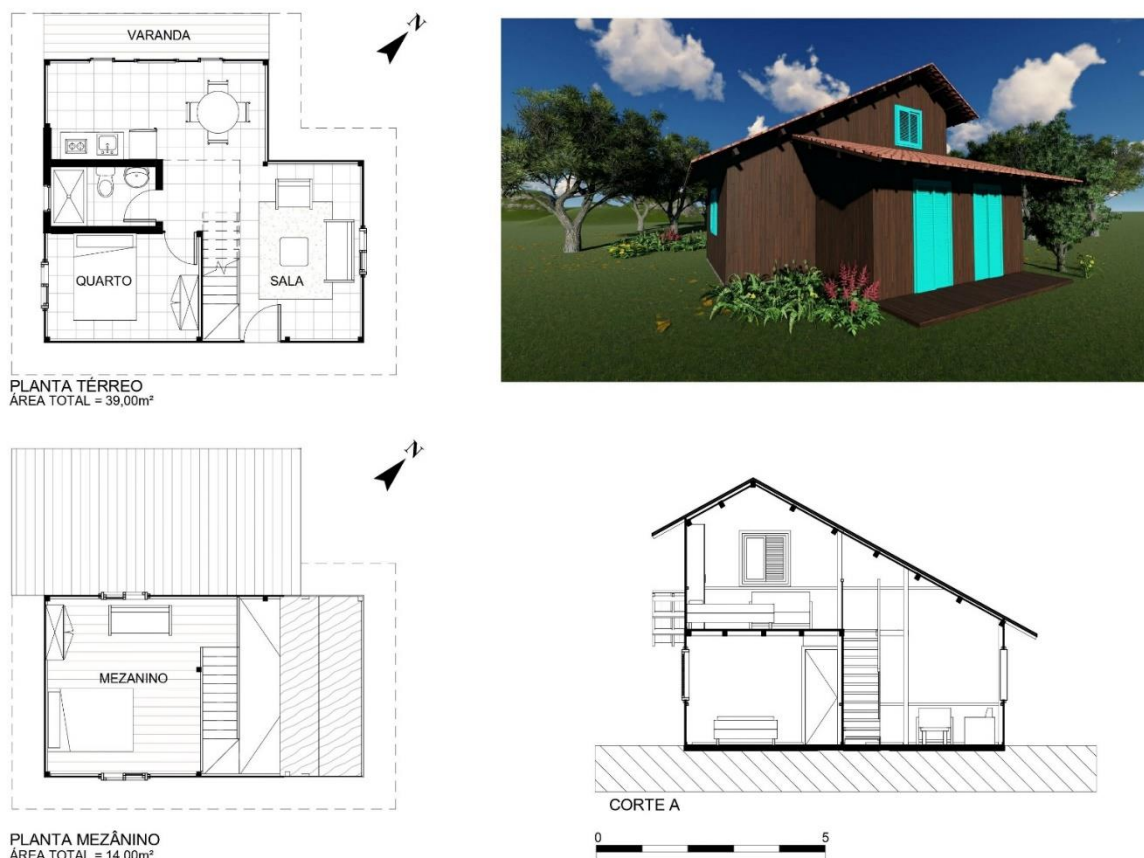


Tabela 4: Volume de materiais empregados na casa referente as tabelas do REVIT

<i>Processo I</i>	<i>Subsistema I</i>		<i>SAÍDA</i>
	<i>Processo elementar</i>	<i>Peças (LxA) m</i>	<i>quantidade m³</i>
Paredes	1	Lambri (0,022x0,065)	2,15
	2	Travessa (0,05x0,05)	0,09
	3	Rodapé (0,018x0,065)	0,04
Estrutura	4	Pilar (0,1x0,1)	0,37
	5	Viga (0,08x0,12)	0,29
	6	Terça (0,08x0,12)	0,64
	7	Caibro(0,05x0,07)	0,55
Piso	8	Mezanino (0,022x0,07)	0,32
	9	Deck (0,022x0,07)	0,11
Forro	10	Forro (0,018x0,07)	0,71
Guarda - Corpo*	11	Travessa (0,05x0,05)	0,06*
Escada*	12	Tábuas (0,022x0,25)	0,07*
TOTAL			5,40

* Valores de cálculo não informados pelo *software*, foram elaborados pelos autores a partir das dimensões do projeto.

Os resultados obtidos informam um volume total de madeira para uma casa de eucalipto igual a 5,40 m³.

O processo de extração realizado indica o uso de 100% deste volume, sendo assim a retirada da floresta é de 10,80 m³ de toras para uma casa de 53 m² e 5,40 m³ calculados. A empresa considera perdas em torno de 20% no procedimento de derrubada, 20% no beneficiamento da madeira, em etapas de plaina e refilo, que ocorrem na madeireira. Outros 10% são perdidos durante a montagem da casa, durante o corte das peças na obra.

Segundo a equação de Smalian, o volume de rendimento para toras é de 2,12 m³ por árvore, considerando valores médios, sendo as árvores de 30 metros de altura e 30 centímetros de diâmetro (Marchesan, *et al.*; 2014). Neste caso seria necessário a derrubada de 5 a 6 árvores para alcançar o volume necessário para a construção da casa.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A obtenção de dados de volume por meio do software REVIT é eficiente pois as informações de projeto estão associadas ao consumo de matéria-prima para a construção de uma edificação. As tabelas de descrição associadas a tecnologia BIM fornecem informações detalhadas da origem dos produtos favorecendo a obtenção de resultados mais diretos e seguros facilitando os procedimentos do ICV. Os resultados podem simultaneamente estar associados ao cálculo de emissões utilizando *softwares* como o SimaPro, e outras ferramentas para a quantificação dos impactos ambientais.

Deste modo ao receber o projeto o cliente terá quantificado cada item de sua residência, aliado a informação da origem do produto, e assim optar por materiais de menor impacto.

O estudo apresentado mostrou a produção regional de pequena escala de casas de madeira. A porcentagem de perda de produto é alta, no entanto, todo o resíduo gerado é destinado à produção de energia para fábricas de telhas e tijolos. O local de extração do eucalipto gira em torno de 20 km de distância da madeireira onde foram processadas as toras. O aproveitamento de uma matéria-prima extraída e processada na mesma região gera impactos positivos em termos de redução no consumo de combustíveis e minimização das emissões atmosféricas. O transporte de matérias-primas e materiais acabados, cujas distâncias de obtenção aumentam, tendem a consumir grande quantidade de combustíveis fósseis e geram resíduos como: óleos, fuligem, partículas de borracha e ferrugem (Tavares, 2006).

Estudos de Petersen e Solberg (2005) realizados na Noruega e Suécia de ACVs que comparam os impactos ambientais da substituição entre a madeira e materiais alternativos, atestam a madeira como melhor opção. Demonstram que a quantidade de GEE evitados devido a substituição entre madeira e aço está na escala de 36 -530 kg CO₂ equivalente por m³. Já entre a madeira e concreto está entre 93-1062 kg CO₂ equivalentes por m³.

A madeira é um material renovável e a reutilização dos resíduos gera biomassa, é considerado um material economicamente acessível na região Sul do Brasil. É necessário que haja maior tecnologia e inovação nos processos construtivos a fim de incorporar maior conforto e eficiência térmica às casas de madeira.

Para estudos futuros de ACV recomenda-se a inclusão de outros fluxos de produto, considerando que são significativos os impactos relativos ao consumo de energia para a produção de concreto, cerâmica e tijolos além dos impactos gerados pelos combustíveis.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Grupo de Pesquisa em Avaliação do Ciclo de Vida BioCycleS da UFPR.

REFERÊNCIAS

- ACR. Associação Catarinense de Empresas Florestais. Anuário Estatístico de Base Florestal para o Estado de Santa Catarina 2016 (ano base 2015). www.acr.org.br
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR ISO 14040: Gestão Ambiental: Avaliação do Ciclo de Vida: Princípios e Estrutura. Rio de Janeiro, 2009a.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR ISO 14044: Gestão Ambiental: Avaliação do Ciclo de Vida: Requisitos e Orientações. Rio de Janeiro, 2009b.
- AZEVEDO, N. C. de Avaliação do ciclo de vida energético e de Co2 através da modelagem da informação da construção (BIM) e simulação termo energética de uma habitação unifamiliar em wood frame [recurso eletrônico] / Nathalia Cardoso de Azevedo. – Curitiba, 2019.
- IBÁ. Indústria Brasileira de Árvores. Relatório 2017. Disponível em: www.iba.org .Acesso em: 10/01/2020.
- INFOAGRO. Silvicultura por região. Disponível em: <http://www.infoagro.sc.gov.br/index.php/safra/producao-florestal> Acesso em: 10/01/2020.
- FRANKL, P; RUBIK, F. Life Cycle Assessment in Industry and Business: Adoption of Patterns, Applications and Implications. Berlin: Springer-Verlag, 2000. 280p.
- MARCHESAN, R.; ROCHA, M.P.; SILVA, J.B.; KLITZKE, R. J.Eficiência técnica no desdobro principal de toras de três 629-636; FLORESTA, Curitiba, PR, v. 44, n. 4, p. 629 - 636, out. / dez. 2014.
- PETERSEN, A. K.; SOLBERG, B. Environmental and economic impacts of substitution between wood products and alternative materials: a review of micro-level analyses from Norway and Sweden. Forest Policy and Economics, 7, 249-259, 2005.
- TAVARES, S. F. Metodologia de análise do ciclo de vida energético de edificações residenciais brasileiras. (Tese) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – PPGEC-UFSC. 2006
- THIÉBAT, F. Progettazione sostenibile nel ciclo di vita. Téchné. n. 5, p. 177. 2011.
- UNEP, SETAC, 2009. Guidelines for Social Life Cycle Assessment of Products – Lifecycle Initiative. United Nations Environment Programme (UNEP), and Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC), Belgium.