

Sistema construtivo Wood Frame, uma abordagem simplificada da Avaliação do Ciclo de Vida

Wood Frame constructive system, a simplified approach of Life Cycle Assessment

Luciane Regina Meira Bastos Camargo, Graduanda, Faculdade Estácio de Curitiba.

lucianebastos.psi@gmail.com

Rafael Andrade Souza, Mestre, Universidade Federal do Paraná.

camilasanchotene@gmail.com

Camila Sanchotene, Mestranda, Universidade Federal do Paraná.

camilasanchotene@gmail.com

Marcelo Langer, M.Sc., Universidade Federal do Paraná.

marcelolanger@ufpr.br

Janice Bernardo da Silva, Doutora, Faculdade Estácio de Curitiba.

janicebs@gmail.com

Resumo

Uma importante ferramenta para avaliação de processos e produtos, considerando uma arquitetura consciente, é a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), capaz de mensurar impactos ambientais do “berço ao túmulo”, o que contribui para o embasamento de decisões mais sustentáveis nas proposições de projeto. Para seu completo desenvolvimento é de fundamental importância a execução do Inventário de Ciclo de Vida (ICV), contendo a descrição dos recursos utilizados como: matérias-primas, insumos, energia, água, etc.; e o desenvolvimento de bancos de dados regionais para processos e produtos. O objetivo deste artigo é realizar o ICV tendo como base o estudo de caso da execução do sistema construtivo *Wood Frame* em Curitiba – PR, no qual foram exploradas as particularidades do processo industrial na combinação estrutura em madeira e chapas de vedação. A análise forneceu meios para quantificar os dados das entradas e saídas do processo, estimando as perdas e resíduos gerados para uma habitação unifamiliar.

Palavras-chave: Inventário do Ciclo de Vida; Arquitetura Consciente; Sustentabilidade

Abstract

An important tool for processes and products assessment, considering a conscious architecture, is the Life Cycle Assessment (LCA), capable of measuring environmental impacts from “cradle to grave”, what helps to the foundation of more sustainable decisions in the project proposals. For its complete development, in this context is of fundamental importance the execution of Life Cycle Inventories (LCI), containing the description of used resources such as: raw materials, inputs, energy, water, etc.; and the development of regional databases for processes and products. The goal of this article is to accomplish the LCI having as starting point a case study of the execution of the Wood Frame constructive system in Curitiba - PR, in which the peculiarities of the industrial process were explored in the combination of wood structure and sealing plates. The assessment provided means to quantify entry and exit data of the process, estimating the losses and waste generated for a single family dwelling.

Keywords: *Life Cycle Inventories; Conscious Architecture; Sustainability*

1. Introdução

O desafio dos profissionais na atualidade é prever o uso consciente dos recursos naturais. Relacionado à questão da arquitetura e sustentabilidade, as pesquisas atuais buscam o desenvolvimento de instrumentos para o “projeto sustentável” em sistemas utilitários cada vez mais compreensíveis e simplificados. A favor da arquitetura consciente e do projeto integrado, Thiébat (2011) defende a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) como elemento base e ponto de partida, para facilitar os projetistas e auxiliar em metodologias futuras.

Dentre suas diversas finalidades, a técnica ACV é utilizada para a avaliação e escolha de alternativas menos impactantes negativamente para o meio ambiente. O seu princípio consiste na elaboração da análise das repercussões ambientais de um produto/atividade a partir de um Inventário do Ciclo de Vida (ICV), o qual contempla as entradas e saídas do sistema de produção considerado, tais como, matérias-primas, energia, produto, subprodutos e resíduos (SOARES; PEREIRA, 2004).

Um dos principais objetivos de uma ACV é retratar, da forma mais completa possível, as interações entre o processo considerado e o ambiente; contribuir para o entendimento da natureza global e independente das consequências das atividades humanas sobre o ambiente e produzir informações objetivas que permitam identificar oportunidades para melhorias ambientais (SETAC, 1993).

A etapa do inventário é a base para uma ACV, podendo ser usada na análise de processos, seleção de material, avaliação de produto, comparação de produto e formulação de políticas. A análise do inventário é um processo técnico, baseado em informações, de quantificação dos requerimentos de energia e matéria-prima, emissões atmosféricas, efluentes líquidos, resíduos sólidos e outras liberações para o ciclo de vida total de um produto, processo ou atividade.

O setor da construção civil é um dos principais responsáveis pelo elevado consumo dos recursos naturais. Em virtude disso, torna-se urgente um pensamento sustentável com relação ao processo. A construção sustentável exige aplicação dos princípios do

desenvolvimento sustentável de forma holística, desde a extração da matéria-prima até o descarte da demolição - do berço ao túmulo. É importante abordar as dimensões da sustentabilidade: ambiental, econômica e sociocultural.

O sistema de produto analisado nesta pesquisa é o *Wood Frame*, cuja materialidade característica é a madeira, um material renovável que apresenta vantagens ambientais em relação aos seus produtos substitutos na construção civil (BERGMAN et al., 2014). Em um estudo de caso do marketing de produtos madeireiros no Canadá, pesquisas de Avaliação do Ciclo de Vida de produtos utilizados em edificações mostraram que o aço e o concreto embutem 26% e 57% mais energia; emitem 34% e 81% mais gases de efeito estufa; liberam 24% e 47% mais poluentes no ar; despejam 4 e 3,5 vezes mais poluentes na água; usam 11% e 81% mais matéria-prima em peso; e produzem 8% e 23% mais dejetos sólidos, respectivamente, do que a madeira (GONZAGA, 2005). Sendo a madeira um produto menos processado, possui o potencial de ser utilizada em substituição a materiais que requerem muita energia em seus processos produtivos, principalmente de fontes fósseis, e associados a altas emissões de GEE na atmosfera, como o concreto, tijolos cerâmicos, alumínio, e o aço (BUCHANAN; LEVINE, 1999).

Observando o déficit habitacional no Brasil em 2017, que foi estimado em 7,77 milhões de unidades (MARKO, 2018) e a conseqüente necessidade de produção de habitações e desenvolvimento de infraestrutura, nota-se uma oportunidade para que sistemas industrializados de madeira, como o sistema construtivo *Wood Frame*, atuem na solução deste problema social, promovendo a inclusão social e o bom uso dos recursos naturais.

Atualmente não há como pensar em Arquitetura, sem considerar os impactos que a realização de um projeto poderia acarretar ao meio ambiente. É preciso internalizar a ideia de que a Arquitetura tem muito mais a oferecer do que plástica e funcionalidade - “Arquitetura Consciente”, assumindo uma postura ambiental correta, de forma a garantir às gerações futuras um capital natural não degradado no ambiente que estarão inseridas. Ciente disso e considerando os pontos abordados o estudo se propõe a elaborar o Inventário do Ciclo de Vida (ICV) no processo de produção das vedações verticais para uma residência com o sistema construtivo *Wood Frame*, na cidade de Curitiba-PR.

2. Revisão bibliográfica

2.1. Avaliação do Ciclo de Vida – ACV

Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) é uma ferramenta de gestão que avalia potenciais impactos ambientais associados ao ciclo de vida de um produto ou serviço. Ocorre desde a extração da matéria-prima até sua disposição final. Por isso é também chamada de Avaliação do Berço ao Túmulo.

Alguns desses impactos ambientais podem ser considerados em um estudo de ACV divididos em categorias, como, por exemplo: acidificação (aumento do teor de acidez do solo, água e ar); ecotoxicidade (aumento dos agentes tóxicos que podem causar danos à biosfera); toxicidade humana (aumento dos agentes tóxicos que podem causar danos à saúde humana); esgotamento de recursos naturais não renováveis; aumento dos buracos na camada de ozônio, entre outros.

Em 1970, surgiu uma preliminar desse tipo de avaliação quando a empresa Coca-Cola S/A encomendou um estudo da *Midwest Research Institute* (MRI), com intuito de

comparar os diferentes tipos de embalagens de refrigerante e selecionar quais deles eram os mais adequados sob o ponto de vista ambiental e com relação ao desempenho na preservação dos recursos naturais (ECYCLE, 2019).

Para Finnveden *et al* (2009), a ACV é uma ferramenta para avaliar os impactos ambientais e os recursos utilizados ao longo do ciclo de vida de um produto, ou seja, desde a aquisição de matérias-primas, por meio de fases de produção e uso, à gestão de resíduos.

A versão original da SETAC para ACV é:

“processo para avaliar as implicações ambientais de um produto, processo ou atividade, através da identificação e quantificação dos usos de energia e matéria e das emissões ambientais; avaliar o impacto ambiental desses usos de energia e matéria e das emissões; e identificar e avaliar oportunidades de realizar melhorias ambientais. A avaliação inclui todo o ciclo de vida do produto, processo ou atividade, abrangendo a extração e o processamento de matérias-primas; manufatura, transporte e distribuição; uso, reuso, manutenção; reciclagem e disposição final (sic)” (SETAC, 1991).

Para orientar melhores escolhas de produtos e materiais contribuindo para a sustentabilidade, a metodologia da ACV tem um papel importante, pois promove uma visão mais ampla dos impactos gerados em todas as fases da produção de um produto (SUSTAINABLE MATERIALS MANAGEMENT COALITION, 2014). O ciclo de vida de um produto se inicia na etapa de “aquisição de materiais” que contempla todos os processos necessários para a obtenção de matérias-primas, insumos, transporte e energia a serem consumidos ou empregados no processo produtivo do produto. Depois, a etapa "industrialização", abrange todos os processos de transformação até o produto a ser comercializado, podendo considerar também os fluxos de processos elementares de coprodutos, transporte até o consumidor e destinações de materiais excedentes dos processos. A etapa "uso" refere-se aos pontos de comercialização e locais de consumo ou uso dos produtos. E por fim, a etapa "descarte final", considera os destinos das embalagens e produtos pós-consumo, podendo abranger reuso, reciclagem, recuperação de energia e até a destinação final (LANGER *et al*, 2018).



Figura 1: Fases do ciclo de vida de um produto. Fonte: Reprodução da Internet.

As ACVs são estudos formais conduzidos de acordo com protocolos reconhecidos que possuem o objetivo de avaliar um produto ou processo quanto a seus impactos. Uma questão, quando abordada pela ACV, precisa ser claramente estruturada, e seu escopo e limites cuidadosamente selecionados para que os resultados não sejam duvidosos. Uma

ACV completa analisa vários estágios do processo e vários atributos, sendo que a coleta de dados pode ser um aspecto difícil e que exige muitos recursos para a avaliação (SUSTAINABLE MATERIALS MANAGEMENT COALITION, 2014).

De acordo com norma ISO 14040 e 14044, a ACV se estrutura nas seguintes etapas:

1. Definição dos Objetivos e Escopo: determinam as fronteiras do estudo (temporal e geográfica), a quem se destinam os resultados, os critérios de qualidade, as regras de corte e as categorias de impacto a serem consideradas.
2. Análise de Inventários: coleta dos dados que representam os fluxos de massa e energia.
3. Avaliação dos Impactos: os fluxos definidos no inventário são convertidos em impactos ambientais através da multiplicação dos valores brutos por fatores de equivalência que remetem a resultados em unidades comuns, como por exemplo, kg de CO2 equivalentes para a categoria de aquecimento global.
4. Interpretação: busca-se identificar as questões significativas do estudo, checar a integridade, a sensibilidade e a consistência dos resultados e definir as conclusões, as limitações e as recomendações do estudo.



Figura 2: Fases da ACV. Fonte: elaborado pelos autores.

As pesquisas sobre ACV apoiavam-se na prática de outros países, que nem sempre são compatíveis com a realidade brasileira. Em 2007 o Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (IBICT) lançou o primeiro site informativo sobre ACV, que tinha por objetivo a disseminação da metodologia no Brasil e no exterior e, assim, ajudar na conscientização da indústria brasileira sobre a importância da ACV para a melhoria da competitividade de produtos e serviços (IBICT, 2019).

Em 2006, a NBR ISO 14040 padronizou a ACV como uma metodologia que avalia ambientalmente um produto, bem, processo ou atividade em todas as suas etapas, desde a extração da matéria-prima, passando pelos processos produtivos para a sua obtenção, transportes e utilização até a etapa de reuso, reciclagem ou disposição final dos seus resíduos – avaliação ambiental *cradle to grave* – berço ao túmulo.

2.1.1 Inventário do Ciclo de Vida – ICV

O Inventário do Ciclo de Vida é uma das etapas metodológicas de uma ACV, na qual é feito o levantamento quantitativo de dados de todas as entradas (materiais, energia e recursos) e saídas (produtos, subprodutos, emissões etc.) durante todo o ciclo de vida, desde a extração da matéria-prima do ambiente natural até a sua disposição final. A coleta de dados, realizada nesta etapa da ACV é de extrema importância e deve-se cuidar com a qualidade dos dados coletados, para que o resultado seja fidedigno.

Segundo Frankl e Rubik (2000), os inventários possibilitam a identificação de limitações ou a necessidade de maiores informações para a avaliação do processo e podem gerar mudanças nos procedimentos de coleta de dados, revisão dos objetivos ou escopo do estudo sendo realizado. A consistência dos dados viabiliza a obtenção de resultados mais precisos e confiáveis.

Segundo Frischknecht et al. (2005), um banco de dados de ICV deve conter uma base de dados central com todos os inventários e metodologias de avaliação de impacto ambiental, um método de cálculo para auxiliar os conjuntos de dados obtidos pelas instituições, um editor para criar, alterar e apagar um conjunto de dados e, também, auxiliar na análise dos dados. Segundo a norma ISO 14044, devem ser observados requisitos de qualidade dos dados coletados como: cobertura temporal, geográfica e tecnológica; precisão; completeza; representatividade; consistência; reprodutibilidade; fonte dos dados; e incerteza da informação.

2.2. Sistema *Wood Frame*

O sistema construtivo *Wood Frame* é largamente utilizado em vários países na América do Norte e Europa, e caracteriza-se como um processo construtivo racionalizado em etapas, desde a infraestrutura até a cobertura, que se estrutura em peças de madeira serrada e painéis estruturais de madeira, como *Oriented Strand Board* (OSB) ou compensado. As vedações verticais, ou paredes, podem ser montadas *in loco* ou na fábrica, e são constituídas pelos montantes e soleiras superiores e inferiores, bem como os painéis estruturais afixados lateralmente junto com outros componentes isolantes e as instalações.

O *Wood Frame* está presente em diversas regiões do Brasil, estando o seu maior volume nos estados da região Sul: Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, mas também estão presentes nos Estados do Sudeste como São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais e de uma forma mais pontual em estados do Centro-Oeste como Goiás, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul (SOUZA, 2018).

Passou a ter maior aplicação no Brasil a partir de 2011, com a Diretriz SiNAT 005, que regulamenta sistemas construtivos leves de madeira até que uma norma regulamentadora brasileira seja lançada. A Diretriz SiNAT 005 define os sistemas leves tipo *Light Wood Frame* como sistemas construtivos cuja principal característica é ser estruturado por peças leves de madeira maciça serrada com fechamentos em chapas. O fechamento externo pode ser feito com chapas de OSB, chapas de compensado tratadas quimicamente e/ou chapas cimentícias. O fechamento interno pode ser feito através de chapas OSB, chapas de compensado tratadas quimicamente, chapas cimentícias ou chapas de gesso acartonado (*drywall*). O contraventamento pode ser realizado através de peças de madeira (horizontais ou diagonais), chapa de OSB ou chapas de compensado tratadas quimicamente. Devido ao clima quente e úmido do país, as estruturas de madeira devem receber um tratamento preservativo para que a madeira seja resistente ao ataque de organismos xilófagos, aumentando assim, sua durabilidade. Quanto ao isolamento térmico, lã de rocha, lã de vidro, placa de poliestireno expandido (EPS) ou outro material com propriedades equivalentes podem ser utilizados. Quanto à impermeabilização, é necessário aplicar uma membrana impermeável. Quanto ao revestimento ou acabamento, *siding* de PVC, revestimentos de argamassa reforçados com tela, pinturas e texturas podem ser aplicadas, desde que compatíveis com o substrato sobre os quais serão aplicados (SiNAT 005, 2011).

O sistema construtivo é composto por subsistemas como piso, fundação, parede, entrepiso, telhado e acabamento (APA, 2012) (Figura 3).



Figura 3: Perspectiva ilustrativa dos subsistemas de uma casa de *Wood Frame*. Fonte: APA (2012).

3. Materiais e métodos

Para o desenvolvimento do ICV foi utilizado o estudo de caso proposto por Souza (2018), trata-se de uma habitação unifamiliar de 62,79 m², baseada na tipologia dos projetos do programa Minha Casa Minha Vida (MCMV) do Governo Federal, sendo a habitação térrea e com cobertura de duas águas de telhas cerâmicas, do tipo romana (Figura 4 e 5).



Figura 4: Perspectiva da habitação em *Wood Frame*. Fonte: SOUZA (2018).

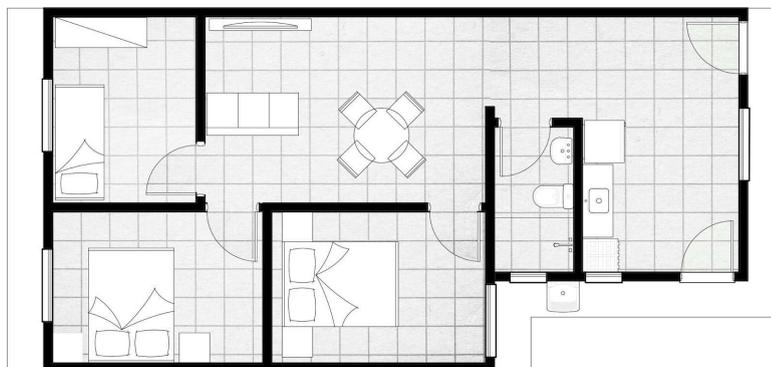


Figura 5: Planta humanizada da habitação em Wood Frame. Fonte: SOUZA (2018).

Como este projeto se refere à segunda etapa de uma ACV - o ICV - todo o trabalho será desenvolvido com base na ABNT NBR ISO 14040 e ISO 14044. Para tal define-se como objetivo a elaboração do inventário das etapas de montagem das vedações verticais em *Wood Frame* no processo industrial. O escopo deste estudo consiste na definição das etapas: *sistema de produto, fronteira do sistema, unidade funcional, fluxo de referência, processos, e processos elementares*.

Sendo definidos o sistema de produto (subsistema 1 e subsistema 2), conforme apresentado no diagrama da figura 6. A fronteira do sistema de produto foi do tipo portão-ao-portão: da entrada dos insumos e matérias-primas na fábrica até a expedição das vedações verticais em *Wood Frame*. Sendo a origem dos materiais a tecnosfera (produtos não extraídos do meio ambiente e que já sofreram processamento industrializado).

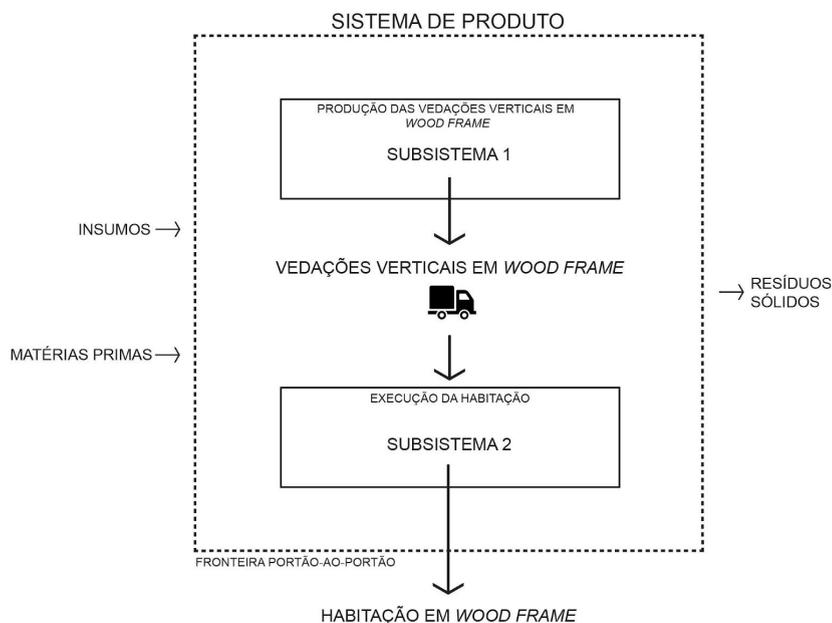


Figura 6: Sistema de Produto. Fonte: elaborado pelos autores.

1) Subsistema 1 (Ss1) - Produção: A fronteira de análise será do recebimento dos insumos à montagem das vedações verticais em *Wood Frame*. O inventário da produção das vedações verticais será elaborado em termos da unidade funcional metros cúbicos (m³). Foram quantificados os fluxos de entrada de insumos e matérias-primas (processos elementares) no processo de produção das vedações verticais. As etapas foram realizadas

na fábrica, compreendendo as fases de execução dos frames: montagem com peças verticais de *Pinus taeda* L. – montantes de madeira serrada autoclavada –, espaçados em 60cm, sendo fixados neles os painéis de OSB e o gesso acartonado (internamente); os painéis OSB e as placas cimentícias (externamente) com membrana hidrófuga entre o OSB e a chapa cimentícia. E a produção dos módulos – paredes com janelas e portas –, ocorreu por meio da disposição dos montantes (peças verticais) e vergas (peças horizontais) para instalação posterior das janelas e portas. Para a fixação dos painéis e chapas foram utilizados pregos. Para o inventário foram descritos todos os materiais construtivos do Ss1 sendo calculados a área e o volume com o auxílio dos dados do projeto arquitetônico e do estrutural, por meio da ferramenta gráfica Revit da Autodesk.

2) Subsistema 2 (Ss2) - Execução da habitação: A fronteira de análise configura-se do início à conclusão da obra, no local da execução da edificação. O inventário constitui-se da descrição e quantificação dos fluxos de massa e fluxos de energia. Para o escopo deste estudo o Subsistema 2 não está sendo considerado. Os processos de execução *in loco* com a execução do radier, fixação das vedações verticais, execução do piso cerâmico etc. serão avaliados em estudo posterior.



Figura 5: Vedações verticais, montantes e módulos para janelas. Fonte: SOUZA (2018).

4. Inventário do Ciclo de Vida do Sistema *Wood Frame* para uma residência

De posse dos dados obtidos, observam-se na tabela 1, os itens que configuram o Processo 1 - painéis, e o inventário do Subsistema 1 - processo de produção das vedações verticais. Os processos elementares consideram a entrada dos insumos: painéis de OSB, placas de gesso acartonado, chapas cimentícias, a membrana hidrófuga e os montantes internos de madeira. Relativo ao balanço de massa os resultados quantitativos para a entrada foi 6,45m³ de materiais, e para a saída foi 5,87m³ de vedações verticais (Tabela 1).

Tabela 1. Subsistema 1 – Processo de produção das vedações verticais

PROCESSO 1	PROCESSO ELEMENTAR	SUBSISTEMA 1	UNID.	ENTRADA	SAÍDA	RESÍDUO
		insumos				
vedação vertical	1	painéis de OSB (0,111x1,20x2,40)	m ²	1,84	1,76	0,08
	2	gesso acartonado (0,125x1,20x2,40)	m ²	1,69	1,65	0,04
	3	placa cimentícia (0,10x1,20x2,40)	m ²	0,91	0,86	0,05
	4	membrana hidrófuga (0,01x2,74x3,04)	m ²	0,09	0,09	0,02
	5	montantes madeira cerrada (0,038x0,09x2,50)	m ²	1,92	1,51	0,41
	6	prego*	CX/1000	2,00	---	---
	7	vedações verticais de residência de Wood Frame 62,79	m ²	6,45	5,87	0,60
		* não considerado no balanço de massa				

O consumo de água no processo de produção das paredes foi 0,00 litros/hora/mês e o volume de resíduo total gerado foi o equivalente a 0,60 m³, ou seja, 0,01 m³/m² (metros cúbicos por metros quadrado de edificação construída). Destaca-se o baixo impacto ambiental do processo construtivo *Wood Frame*, a energia empregada na execução dos frames na fábrica para uma habitação unifamiliar de 62,79 m², foi de 153 kwh. Trata-se de uma construção leve e também denominada “construção seca”. As perdas nesta etapa são mínimas considerando o altos índices de resíduos gerados e o consumo de água para uma construção em alvenaria. Dados da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE) mostram o volume de Resíduos de Construção e Demolição (RCD) por habitante no Brasil, na região Sul este índice é de 0,568 kg/hab/dia (ABRELPE, 2016).

O foco na qualidade voltado para a sustentabilidade no canteiro de obra, é de fundamental importância para agregar valor e controlar as perdas no processo da construção civil. O Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat (PBPQ-H) regulamenta indicadores para melhorar a qualidade na construção civil brasileira (SIAC 2012). O mapeamento dos indicadores de resíduos, bem como o de água e o de energia, são cruciais para indicar a sustentabilidade da construção civil.

Pinto e Melo (2016) afirmam que a geração de resíduos na construção civil varia de acordo com a localidade, com o método construtivo, com a disponibilidade de matéria-prima local, entre outros. O sistema construtivo *Wood Frame* em Curitiba firma-se como uma solução adequada à construção sustentável, diante do volume de florestas plantadas e da produção de madeira serrada e painéis na região.

5. Considerações finais

O ICV constitui uma importante ferramenta projetual. Na prática profissional a metodologia auxilia no conhecimento dos processos industriais e na avaliação do consumo e descarte dos insumos e materiais, contribuindo deste modo, na arquitetura consciente com a redução dos impactos ambientais da construção civil.

Recomenda-se para estudos futuros o inventário de outros subsistemas do processo construtivo *Wood Frame*. Da mesma forma a inclusão de outros fluxos de produto, como água, energia e combustíveis.

Sobre a questão da aplicação das etapas da ACV, o desenvolvimento da metodologia requer o aprofundamento nas fases que incluem a avaliação dos impactos, o desenvolvimento de relatórios que darão a avaliação completa do ciclo de vida do sistema construtivo *Wood Frame*.

Referências

- APA. **Advanced Framing Construction Guide**. Tacoma, WA, 2012.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14040**: Gestão Ambiental: Avaliação do Ciclo de Vida: Princípios e Estrutura. Rio de Janeiro, 2009.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14041**: Gestão Ambiental: Avaliação do Ciclo de Vida: Definição de objetivo e escopo e análise de inventário. Rio de Janeiro, 2004.
- AWC - AMERICAN WOOD COUNCIL. **AF&PA Hosts Japanese/ Canadian Delegation**. News Releases. Washington DC, 2001.
- BARBIERI, J. C. **Gestão Ambiental Empresarial**. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2007.
- BERGMAN, R. et al. **The carbon impacts of wood products**. Forest Products Journal, Usa, 2014. v. 64, n. 7, p.320-332.
- BUCHANAN, A. H.; LEVINE, S. B. **Wood-based building materials and atmospheric carbon emissions**. *Environmental Science and Policy*. n. 2, p. 427-437. 1999.
- ECYCLE. **O que é a Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) do produto?** Disponível em: <<https://www.ecycle.com.br/3074-avaliacao-do-ciclo-de-vida-do-produto>> Acesso em: 15 de setembro de 2018.
- FINNVEDEN, G. et al. Recent developments in Life Cycle Assessment. *Journal of Environmental Management*, v.91, n.1, p.1-21. 2009.
- FRANKL, P; RUBIK, F. **Life Cycle Assessment in Industry and Business: Adoption of Patterns, Applications and Implications**. Berlin: Springer-Verlag, 2000. 280p.
- FRISCHKNECHT, R. et al. **The ecoinvent Database**: Overview and Methodological Framework. *International Journal Life Cycle Assessment*, v. 10, n° 1, p. 3 – 9, 2005.
- GONZAGA, Carlos A. M. **Marketing Verde de Produtos Florestais**: Teoria e Prática. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/4623>> Acesso em: 11 de setembro de 2018.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE INFORMAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA - IBICT. **Avaliação do Ciclo de Vida**: Histórico. Disponível em: <<http://acv.ibict.br/sobre/historico/>> Acesso em: 21 de fevereiro de 2019.
- GIMÉNEZ, A. M.; MUNIZ, G. I. B. de. **Los Bosques y El Futuro**: Consolidando um vínculo permanente en la educación forestal. 1a ed. - Santiago del Estero : Universidad Nacional de Santiago del Estero - UNSE. Facultad de Ciencias Forestales, 2018.
- MARKO, R. **Estudo da Abrainc/FGV projeta demanda habitacional até 2027**. Disponível em: <<https://sindusconsp.com.br/estudo-da-projeta-habitacional-ate-2027>> Acesso em: 14 de fevereiro de 2019.

PINTO, T.P.; MELO, L.R.S.E.; Geração de Resíduos Sólidos da Construção Civil – Métodos de cálculo – **Anais II Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental** – Campina Grande/PB 2016.

PONCE, R. M. **Produção de madeira de qualidade para processamento mecânico**. In: I Seminário sobre Processamento e Utilização de Madeiras de reflorestamento. Curitiba, SBD, p. 9-13, 1997.

ROSSATO, F. I. **Inventário do ciclo de vida do processo de fabricação cerâmico**. In: Encontro de Sustentabilidade em Projeto do Vale do Itajaí. 3. 2009. Florianópolis.

SACCO, M.F.; STAMATO, G.C. Light wood frame - construções com estrutura leve de madeira. **Téchne**. Edição 140, Nov/2008. Disponível em:
<<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/140/artigo287602-2.aspx>> Acesso em 13 de março de 2019.

SILVA, R.D.; BASSO, A. Sistemas construtivos em madeira destinados à habitação no Paraná. **Semina: Ci. Exatas/Tecnol.** Londrina, v. 21, n. 4, p. 83-88, dez. 2004

SINAT 05 – Sistema Nacional de Avaliação Técnica. Disponível em:
<www.pbqph.cidades.gov.br>. Acesso em 15/10/2017.

SISTEMA DE AVALIAÇÃO DA CONFORMIDADE DE EMPRESAS DE SERVIÇOS E OBRAS DA CONSTRUÇÃO CIVIL - SiAC. Disponível em:
<http://pbqp-h.cidades.gov.br/projetos_siic.php> Acesso em: 15/10/2017.

SOARES, R. S. e PEREIRA, S. W. **Inventário da produção de pisos e tijolos cerâmicos no contexto da análise do ciclo de vida**. Disponível em
<https://seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/3541/1942>> Acesso em: 30 de agosto 2018.

SOCIETY OF ENVIRONMENTAL FOR TOXICOLOGY AND CHEMISTRY – SETAC. Foundation for Environmental Education (1991). **A Technical framework for life-cycle assessment, Washington, DC**. Society of Environmental Toxicology and Chemistry and SETAC Foundation for Environmental Education Inc. In: Workshop Held Smugglers Notch, 1990, Vermont.

SOCIETY OF ENVIRONMENTAL FOR TOXICOLOGY AND CHEMISTRY – SETAC. **Guidelines for Life-cycle Assessment: a “Code of practice”**. In: Workshop held in Sesimbra, Portugal, 1993.

SOUZA, R. A. **Análise crítica do sistema construtivo Wood Frame com base na diretriz do SiNAT 05 revisão 02**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) Universidade Federal do Paraná. 2018.

SUSTAINABLE MATERIALS MANAGEMENT COALITION. **Guidance on Life-Cycle Thinking and Its Role in Environmental Decision Making**. 2014.

THIÉBAT, F. Progettazione sostenibile nel ciclo di vita. **Téchne**. n. 5, p. 177. 2011.