

AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA DE HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL

Marianne B. Di Domênico¹; Thaísa Leal da Silva²

¹ Mestranda do Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo da Faculdade Meridional (PPGARQ-IMED). mariannedidomenico@gmail.com

² Docente do Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo da Faculdade Meridional (PPGARQ-IMED). thaissa.silva@imed.edu.br

1 INTRODUÇÃO

A Revolução Industrial trouxe uma variedade de produtos, novas formas de geração de energia e meios de transporte, ocasionando também grande migração para as cidades, trazendo a necessidade de mais habitações e induzindo mudanças no setor da construção civil, para a construção mais rápida e industrialização em massa. Ao longo dessa trajetória de industrialização, a construção civil, gerou impactos ambientais negativos, pois ainda não havia preocupação ambiental com o desenvolvimento sustentável e com as consequências que essa prática geraria ao meio ambiente. Segundo Tavares (2006) os setores que consomem mais energia no país estão relacionados diretamente com a construção civil, são eles os setores industriais de cimento, cerâmica, metais não ferrosos, aço, química e mineração, os quais consomem juntos 75% das fontes não renováveis do planeta.

Atualmente a construção civil passa por uma evolução no âmbito ambiental com o desenvolvimento de novas técnicas que possuem preocupação em incorporar os conceitos de sustentabilidade nos processos construtivos. A chegada da chamada Indústria 4.0 tem muito a oferecer para os avanços do desenvolvimento sustentável da construção civil, visando melhor qualidade de vida, e fazendo uso da tecnologia em favor da redução dos impactos ambientais negativos gerados ao planeta.

Apesar de contribuir com os impactos negativos ao meio ambiente, a construção civil possui grande importância socioeconômica. O déficit habitacional, principalmente da população de baixa renda e carente, é um problema recorrente no país, pesquisas feitas pela Associação Brasileira de Incorporadoras e Imobiliárias (Abrainc) em parceria com a Fundação Getúlio Vargas (FGV), para compor o relatório de Análise das Necessidades Habitacionais e suas Tendências para os Próximos Dez Anos, apontam que o déficit habitacional cresceu 7% em dez anos, e que para solucionar esse problema seria necessário a construção de um milhão de imóveis por ano (ABRAIN, 2018).

É cada vez mais perceptível a necessidade da construção civil se reinventar, para que ocorra a adequação de materiais e técnicas construtivas com o intuito de reduzir impactos negativos ao ambiente.

A Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) é uma ferramenta que auxilia nas análises de impactos gerados pelos materiais e produtos e que pode facilitar no processo de desenvolvimento sustentável da construção civil, no entanto ainda é uma ferramenta pouco explorada no Brasil. A ACV auxilia na tomada de decisões de projeto, levando em consideração fatores que resultem em construções mais sustentáveis.

A ACV é definida na NBR ISO 14040 (2009) pela análise dos aspectos e impactos ambientais ao longo da vida de um determinado produto, desde a extração da matéria-prima, produção, transporte, uso, pós uso até a reciclagem e disposição final desse produto. Segundo a Norma, é essencial que a Avaliação do Ciclo de Vida mantenha credibilidade técnica, proporcione flexibilidade de uso, praticidade e efetividade em sua aplicação.

A presente pesquisa tem como objetivo aplicar a ferramenta de Avaliação do Ciclo de Vida em uma habitação de interesse social, com a finalidade de quantificar a emissão de dióxido

de carbono (CO₂) dos materiais utilizados nas edificações para contribuir na proposta de soluções que diminuam os impactos ambientais gerados pela construção da habitação analisada.

Para o desenvolvimento desta pesquisa, a ferramenta ACV será aplicada no Loteamento Canaã, localizado no bairro São José, região periférica de Passo Fundo no Estado do Rio Grande do Sul. O Loteamento Canaã possui duzentas e dez habitações e é o único empreendimento Minha Casa Minha Vida implantado em Passo Fundo. Tendo em vista que já foram realizadas algumas pesquisas referentes a este Loteamento por alunos e pesquisadores da Faculdade Meridional (IMED) isso facilita a abordagem para novas pesquisas no local. Sua implantação possui área de 5,8 hectares, e foi concebida pela iniciativa de um grupo de mulheres (Grupo de Mulheres Unidos Venceremos) que atua como entidade não governamental há mais de dez anos no município de Passo Fundo (KUJAWA; ZAMBAM, 2018).

De acordo com levantamentos feitos por Martins et al. (2018), o projeto arquitetônico das habitações implantadas no Loteamento Canaã contempla sala, cozinha, dois dormitórios e banheiro, com área total de trinta e nove metros quadrados. O projeto foi elaborado por premissas da construção evolutiva, prevendo a possibilidade de ampliações futuras. O empreendimento teve êxito ao conseguir executar a implantação com atitudes contemporâneas de produção de espaço mesmo possuindo limitação de custos.

O presente trabalho apresenta inicialmente uma breve introdução sobre o tema estudado na pesquisa. A seguir, a segunda seção descreve a metodologia utilizada para a elaboração e aplicação da avaliação do ciclo de vida em uma habitação de interesse social. Na terceira seção são descritos os resultados esperados no desenvolvimento da pesquisa. A quarta seção é constituída pelas conclusões gerais encontradas e por fim são apresentadas as referências utilizadas para o embasamento da pesquisa.

2 METODOLOGIA

Para obter resultados mais confiáveis, a NBR ISO 140040 (2009) define quatro fases a serem seguidas para o estudo de ACV, sendo elas:

1. Fase de definição do objetivo e escopo.
2. Fase de análise de inventário.
3. Fase de avaliação de impactos.
4. Fase de interpretação.

Inicialmente os dados dessa pesquisa serão obtidos pelo método de Tavares (2006) por ser uma método com base de dados de construção civil brasileira que já foi comprovado e aplicado em pesquisas feitas por Marcos (2009), Silva (2012), Carminatti (2012), Sposto e Paulsen (2014) e Caldas et al. (2015).

Para viabilizar o levantamento necessário para obter o resultado dos objetivos propostos, Tavares (2006) sugere a subdivisão do ciclo de vida da habitação social em três fases: pré-operacional, operacional e pós-operacional, conforme apresentado na Figura 1.

Na fase pré-operacional ocorre a definição dos valores de Energia Embutida dos materiais (EE) mais significativos em termos de quantidade e conteúdo energético na edificação, como cimento, cerâmica vermelha, cerâmica de revestimento e aço.

Tavares (2006) fez levantamentos em sete empresas, quatro no estado do Rio de Janeiro e duas em Santa Catarina para obter valores de EE para cerâmica vermelha e, em três empresas catarinenses para obter valores para cerâmica de revestimento. Os valores de EE para o cimento e aço foram considerados a partir dos valores obtidos em dados do Anuário Estatístico de Metais do Ministério das Minas e Energias e do Anuário Estatístico de Metais. Nessa fase também é calculado o custo energético da obra. Etapa em que são contabilizados consumos diretos, que são calculados a partir do levantamento de todas as atividades previstas e uso dos equipamentos,

utilizando base de dados da TCPO Tabela de Composições e Preços para Orçamentos (PINI, 2017).

Na fase operacional são obtidos os resultados das etapas oito, nove e dez, incluindo a energia gasta por equipamentos eletrodomésticos e para a energia de cocção. Nesta etapa são obtidos valores para energia de cocção – consumo constituído pelo uso de recursos energéticos, como lenha, eletricidade, gás natural e gás liquefeito de petróleo. Também são analisados os elementos e usos finais da edificação, os dados são baseados no levantamento da Pesquisa de Posses e Hábitos de Uso e Aparelhos Elétricos – (PROCEL, 2018). A partir desses índices obtidos é feita a relação com a área construída, o número de moradores e renda familiar por faixa de consumo mensal de eletricidade. Além disso, é feita uma análise da reposição de materiais e energia embutida de manutenção. Em alguns materiais podem encontrar-se fatores de durabilidade indicados pelo fabricante, porém como a bibliografia nacional carece de estudos e dados para sua mensuração, são adotados valores obtidos de estudos internacionais sobre o ciclo de vida de edificações, para materiais em que não se encontrou esse indicativo. São acrescidos, sobre os valores encontrados, o resultado da energia embutida na fase pré-operacional.

Na fase pós-operacional são calculadas as etapas onze e doze, as quais contemplam valores para as operações de desmontagem da edificação e remoção do entulho. A demolição e deposição são calculadas a partir do total de material utilizado acrescentando os materiais de reposição. O valor, em quilogramas (kg), é obtido pela relação da energia embutida de manutenção e dos resultados da energia embutida iniciais. Então, define-se a relação de consumo de energia para cada kg de material demolido.

FASE	ETAPAS	SIGLA	DESCRIÇÃO
Pré – operacional	1	EE _{mat}	Prospecção, fabricação e transporte de insumos
	2		Fabricação dos materiais de construção
	3	E _{tr.mat}	Transporte dos materiais de construção
	4	E _{eq. obra}	Energia consumida por equipamentos na obra
	5	E _{tr.obra}	Transporte dos trabalhadores até a obra
	6	E _{desp}	Desperdício de materiais
	7	E _{tr.desp}	Transporte do desperdício
Operacional	8	EE _{manut}	Reposição de materiais
	9	E _{equip}	Energia consumida por equipamentos eletrodomésticos
	10	E _{cocção}	Energia para cocção de alimentos
Pós – op.	11	E _{dem}	Demolição e remoção dos resíduos
	12	E _{tr.dem}	Transporte do material demolido

Figura 1. Discriminação das etapas do ciclo energético de uma edificação
Tavares (2006).

De acordo com Tavares (2006) a energia total do ciclo de vida é obtida pela soma de cada fase operacional da edificação ao longo de cinquenta anos.

A seguir é apresentada a definição da fórmula utilizada para obter os resultados do ciclo de vida adaptadas por Silva (2012) a partir da metodologia de Tavares (2006):

$$E_{\text{total}} = E_{\text{pré}} + E_{\text{op}} + E_{\text{pós}}$$

Onde:

$E_{\text{pré}}$ = Somatório das energias relativas à fase pré-operacional

E_{op} = Somatório das energias relativas à fase operacional

$E_{\text{pós}}$ = Somatório das energias referentes à fase pós-operacional

Os cálculos serão realizados a partir da adaptação de planilhas eletrônicas elaboradas por Tavares (2006).

Após obter os resultados da energia gasta ao longo do ciclo de vida da edificação, será calculada a emissão de CO₂ a partir de planilhas apresentadas pelo mesmo autor. Para resultados de emissão de CO₂ na fase pré-operacional é utilizada uma planilha eletrônica composta por três partes: a primeira parte é utilizada para o cálculo de CO₂ embutido por material e fonte. A segunda parte da planilha determina as emissões em relação a reações químicas do processo de fabricação dos materiais de construção. A terceira e última parte é constituída pelo somatório das etapas anteriores, determinando a emissão de CO₂ por metro quadrado da habitação estudada. Para os resultados da fase operacional e da fase pós-operacional, outra planilha elaborada por Tavares (2006) é utilizada, também dividida em três etapas: na primeira é realizado o cálculo de CO₂ operacional, na segunda é realizado o cálculo da fase pós-operacional e na terceira é calculado o resultado do somatório de todas as etapas, onde é obtido o resultado final de emissão gerada em todo o ciclo de vida da edificação.

Por fim será realizada a interpretação e descrição dos resultados obtidos a partir de todas as etapas executadas.

3 RESULTADOS ESPERADOS

A partir do desenvolvimento da avaliação do ciclo de vida do Loteamento Canaã são esperados resultados que quantifiquem a emissão de CO₂ durante o ciclo de vida das edificações implantadas no loteamento nas fases pré-operacional, operacional e pós operacional.

Espera-se que os resultados indiquem quais os principais materiais e técnicas utilizados no processo de construção das habitações do loteamento Canaã que possuem maior índice de emissões de dióxido de carbono e em qual fase operacional esses índices são mais expressivos.

Com base nos resultados adquiridos através da avaliação de ciclo de vida será possível fazer comparações com pesquisas já realizadas em outros estudos de caso, comparando seus materiais e técnicas e relacionando esses estudos para a identificação dos fatores que mais contribuem para a emissão de CO₂ nas habitações e, assim, contribuindo para o desenvolvimento de pesquisas e soluções que reduzam essas emissões, mitigando esse problema.

4 CONCLUSÕES

A cada dia surgem novas formas de reduzir os impactos ambientais, a Indústria 4.0 traz inúmeros benefícios para o desenvolvimento sustentável, possibilitando a aplicação de novas tecnologias no setor da construção civil com o intuito de diminuir os impactos gerados ao longo da história. A avaliação do ciclo de vida é uma ferramenta capaz de atender as necessidades que a nova postura ambiental e a indústria contemporânea apresentam.

A avaliação do ciclo de vida aplicada na construção civil identifica fatores que geram impactos ambientais, incluindo as emissões de CO₂ desde a extração da matéria-prima até seu descarte ou reciclagem, sendo capaz de contribuir com soluções que prometem diminuir os

impactos negativos gerados pela construção civil ao meio ambiente. No entanto, ainda existem alguns desafios a serem enfrentados para sua aplicação no contexto brasileiro, mas perspectivas amplamente positivas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAIN. Análise das Necessidades Habitacionais e suas Tendências para os Próximos Dez Anos. Associação Brasileira de Incorporadoras Imobiliárias - Relatório Técnico Final - 2ª Versão. 17 out. 2018. Disponível em: <https://www.abrainc.org.br>. Acesso em: 16 abr. 2019

CALDAS, Lucas, *et al.* Emissões de Co2 no Ciclo de Vida de Habitações de Interesse Social: Estudo de caso para o DF- Brasil. **Sibrage Elegec**, São Carlos – SP, p. 477-484, outubro, 2015.

CARMINATTI, Roberto Junior. **Análise do ciclo de vida energético de projeto de habitação de interesse social concebido em light steel framing**. São Carlos: UFSCar, 2012.

KUJAWA, Henrique Aniceto; ZAMBAM, Neuro Jose. CONQUISTA DA MORADIA NO LOTEAMENTO CANAÃ EM PASSO FUNDO, BRASIL. Mercator, Fortaleza, v.17, dec.2018. ISSN 1984-2201. Disponível em: www.mercator.ufc.br Acesso em: 16 abr. 2019.

MARCOS, Micheline Helen Cot. **Análise da Emissão de Co2 em edificações através do uso de uma ferramenta CAD-BIM**. Curitiba: UFPR, 2009. Disponível em: www.acervodigital.ufpr.br Acesso em: 05 abr. 2019.

MARTINS, Marcelle Salles, *et al.* Projeto de Habitações Flexíveis de Interesse Social. Oculum Ensaios. Revista de Arquitetura e Urbanismo, Campinas, v.10, n.2, p. 301-310, 2013.

NBR ISO 14040. **Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR ISO 14040 Gestão Ambiental – Avaliação do Ciclo de Vida – Princípios e Estrutura**. Rio de Janeiro, p. 1-10, 2009.

PINI. TCPO Tabelas de Composições de Preços para Orçamentos. 15. ed. Editora PINI. São Paulo, 2017.

PROCEL. Programa Nacional de Conservação de Energia – Resultados Procel 2018 ano base 2017. Disponível em: www.procelinfo.com.br/main.asp. Acesso em: 16, abr. 2019

SILVA, Luciano Pires. **Análise do ciclo de vida energético de habitações de interesse social**. Porto Alegre: UFRGS, 2012.

SPOSTO, R. M; PAULSEN, J. S; Energia Incorporada em Habitações de Interesse Social na fase de pré-uso: O caso do programa minha casa minha vida no Brasil. Oculum Ensaios. Revista de Arquitetura e Urbanismo, Campinas, v.11, n.2, p. 39-50, 2014.

TAVARES, Sérgio Fernando. **Metodologia de análise do ciclo de vida energético de edificações residências brasileiras**. Florianópolis: UFSC, 2006.