REVISTA DA
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA

SITIENTIBUS

TECNOLOGIAS SOCIAIS E ECONOMIA SOLIDÁRIA
EDIÇÃO ESPECIAL SEMANA DE ENGENHARIA

ARTIGO

INTEGRAÇÃO DO BIM NA AVALIAÇÃO AMBIENTAL DE EDIFICAÇÕES

BIM INTEGRATION IN THE ENVIRONMENTAL ASSESSMENT OF BUILDINGS

VANESSA LIMA CARNEIRO

Mestranda em Engenharia Civil e Ambiental (PPGECEA). Universidade Estadual de Feira de Santana. E-mail: engvanessalimacarneiro@gmail.com

FERNANDA MELO REIS

Mestranda em Engenharia Civil e Ambiental (PPGECEA). Universidade Estadual de Feira de Santana. E-mail: fernandameloeng@gmail.com

LUCIANA BEZERRA DE LIMA

Mestranda em Engenharia Civil e Ambiental (PPGECEA). Universidade Estadual de Feira de Santana. E-mail: lbl_aila@hotmail.com

TIAGO ASSUNÇÃO SANTOS

Doutor em Energia e Ambiente pela UFBA. Professor da Universidade Estadual de Feira de Santana. E-mail: tasantos1@uefs.br

RESUMO

A análise ambiental vem sendo aplicada na construção civil para gerar informações que auxiliem e forneçam conhecimento referente aos danos ao meio ambiente e aliada ao *Building Information Modeling* (BIM), pode desenvolver ferramentas que são capazes de medir a origem e designar a solução para redução de impactos ambientais. Desta forma, o atual trabalho teve como objetivo avaliar os impactos ambientais das etapas construtivas de um village residencial. A construção foi modelada no software Revit®, onde foram extraídos os quantitativos de insumos. Com esses dados foi realizado um estudo comparativo de custos e análise ambiental por meio do One Click LCA®. A partir dos resultados obtidos, foi possível observar as etapas de fabricação dos materiais e construção são as que mais geram emissões de CO₂ para atmosfera e que a utilização de BIM pode gerar economia de 6% sobre o valor destinado a compra de materiais.

Palavras-chave: Análise Ambiental, *Building Information Modeling* (BIM), Construção Civil.

ABSTRACT

Environmental Analysis has been applied in civil construction to generate information that helps and provides knowledge regarding damage to the environment and combined with Building Information Modeling (BIM), can develop tools that are capable of measuring the origin and designating the solution for reduction of environmental impacts. Therefore, the current work aimed to evaluate the environmental impacts of the construction stages of a residential village. The construction was modeled in Revit® software, where the quantities of inputs were extracted. With this data, a comparative study of costs and environmental analysis was carried out using One Click LCA®. From the results obtained, it was possible to observe that the material manufacturing and construction stages are those that generate the most CO₂ emissions into the atmosphere and that the use of BIM can generate savings of 6% on the amount allocated to purchasing materials.

Keywords: Environmental Analysis, Building Information Modeling (BIM), Civil Construction.



INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil é importante para a manutenção das cidades, por ser responsável pelo fornecimento de infraestrutura, abrigos e locais que promovem educação e saúde. Além disso, essa atividade é importante para o desenvolvimento da economia brasileira, movimentando o mercado pela oferta de empregos (Oliveira; Medeiros; Pereira, 2015).

No entanto, é importante ressaltar que o setor da construção civil é o que mais gera resíduos para o planeta (Tessaro; Sá; Scremin, 2012). É por meio da construção, reforma e demolição que há um aumento significativo da extração de recursos naturais não-renováveis. Concomitantemente, a destinação e disposição inadequada desses resíduos causa problemas ao meio urbano, como a degradação ambiental desses locais, proliferação de doenças, danos à vegetação e grande área de ocupação pelo volume e quantidade gerados (Farias, 2014).

Segundo a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2022), a coleta de Resíduo de Construção e Demolição (RCD) em 2021 no Brasil foi de 48 milhões de toneladas, sendo a região nordeste responsável por cerca de 19% desse valor. Além disso, uma parcela significativa desses resíduos de construção e demolição são negligenciados e descartados indevidamente em áreas públicas, resultando em graves consequências tanto para a sociedade quanto para o meio ambiente. De acordo com Farias (2014) o descarte de forma inadequada, ou mesmo o não aproveitamento desses resíduos, cria uma situação extremamente insustentável, tanto na esfera ambiental, como social e econômica. A gestão do RCD se faz altamente importante diante dos impactos ambientais gerados pela cadeia de produção.

Neste contexto, a Norma Brasileira Regulamentadora (NBR) ISO 14040 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2009) traz a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) como a compilação e avaliação das entradas, saídas e dos impactos ambientais potenciais de um sistema de produto ao longo do seu ciclo de vida. Farias et al. (2022) realizaram uma pesquisa de avaliação de ciclo de vida em três tipologias habitacionais brasileiras e constataram que os materiais que mais causam impactos ambientais são a produção do cimento Portland e do revestimento cerâmico. Esses produtos necessitam de queima em fornos durante o seu processo de fabricação, o que acarreta uma grande quantidade de emissões dos gases: óxidos de enxofre (SO_x), amônia (NH₃), óxido nitroso (N₂O), dióxido de enxofre (SO₂) e óxidos de nitrogênio (NO_x), que ao reagir com a água presente na atmosfera aumenta a acidez da água da chuva (Farias et al., 2022).

De acordo com Caldas et al. (2015) a ACV pode ser aplicada para avaliar os impactos ambientais de edificações em todo o seu ciclo de vida, entretanto há uma dificuldade devido a elaboração de projetos incompletos e a quantidade de sistemas que possuem uma edificação, o que prejudica na definição de todos os materiais.

Para Barros e Silva (2016) o *Building Information Modeling* (BIM) pode ser um aliado na tomada de decisão de avaliação ambiental durante a fase de projeto, ao identificar categorias de impacto ambientais, como a energia incorporada e a emissão de gases. Os autores identificaram que o BIM é muito utilizado devido a extração automática de quantitativos, o que é fundamental para obter a base de dados para ACV.

O BIM é definido por Eastman et al. (2014) como uma construção virtual de forma precisa da edificação capaz de modelar todo o seu ciclo de vida, ou seja, desde os projetos iniciais, a execução da obra e até mesmo as alterações feitas em etapas de manutenção e demolição.

Oliveira et al. (2022) verificaram que há ainda uma dificuldade de compartilhamento de dados, entre os softwares de BIM e ACV e que há uma necessidade de melhores bancos de dados devido o número alto de produtos da edificação. No entanto, estes autores identificaram que o BIM tende a ser utilizado não apenas para extrair os quantitativos, mas também para ser um banco de dados a ser utilizado a longo da vida útil da edificação.

Neste contexto, o objetivo deste trabalho é avaliar os impactos ambientais de etapas construtivas de uma edificação em Guarajuba/BA com 12 apartamentos. Para isto, foi utilizado o REVIT® com o objetivo de extrair os quantitativos de materiais utilizados nas etapas analisadas, comparar a diferença de insumos entre o modelado em software BIM e o realizado de forma tradicional. Por fim, foi realizada a determinação dos parâmetros de perdas dos insumos analisados focando na análise ambiental (volume de resíduos) e em aspectos econômicos (valor dos resíduos).

METODOLOGIA

A pesquisa foi realizada em um Village Residencial em Guarajuba, distrito de Monte Gordo pertencente a cidade de Camaçari/BA, conforme apresentado na Figura 1. O Village é constituído de 03 (três) torres com 04 (quatro) apartamentos cada e foram fornecidos todos os projetos e dados orçamentários pertinentes para realização da análise do quantitativo dos insumos (dados da construtora).

A fronteira escolhida para a avaliação ambiental da edificação se deu do berço ao túmulo, visto que foram analisados os impactos ambientais dos materiais até a fase de fim de vida do produto. A pesquisa iniciou-se com a modelagem dos projetos disponibilizados pela construtora em um software BIM, da empresa Autodesk, o Revit®, na versão obtida para estudantes 2023.

Em seguida foram extraídos os quantitativos dos insumos a partir do Revit®, como, por exemplo, volume de concreto, área de revestimentos, entre outros. A partir desses dados, foi possível realizar o comparativo dos dados obtidos na modelagem com os dados disponibilizados na planilha orçamentária da construtora, por meio do software Excel®.

Figura 1 - Localização do Village Guarajuba-BA

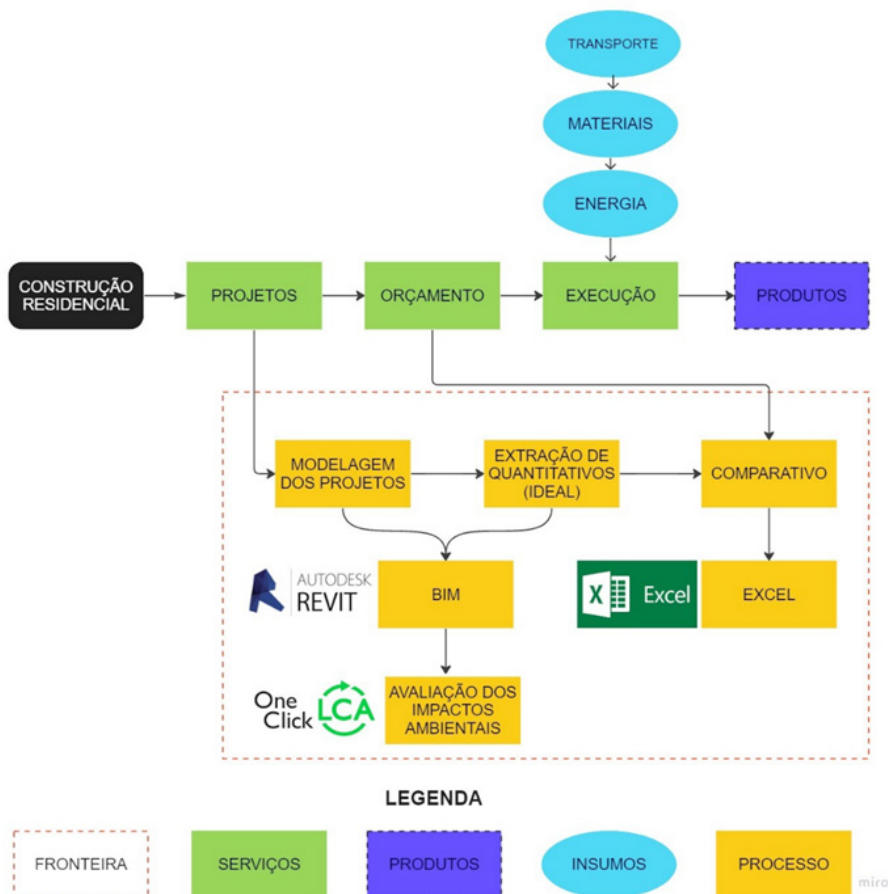


Fonte: Google Earth, 2023.

A última etapa dos processos foi a avaliação ambiental dos materiais empregados para a construção do edifício residencial no plugin One Click LCA®, também disponibilizado pela Autodesk. O sistema de produto está representado na Figura 2.

A modelagem foi iniciada pela fundação, que foi do tipo sapatas, totalizando 36 unidades, além dos arranques e das vigas baldrame. Posteriormente foi modelado a superestrutura, com os pilares, vigas e lajes. Após essas etapas, criou-se a parede com o substrato de tijolo cerâmico

Figura 2 - Fluxograma da avaliação de desempenho ambiental da edificação



Fonte: Os autores (2023).

e os revestimentos internos e externos (chapisco e emboço), além dos acabamentos como a pintura. Para finalizar foi modelado o piso cerâmico e esquadrias da edificação, conforme apresentado na Figura 3.

Para a parte de quantificação em BIM foram criadas tabelas a partir dos sistemas modelados, como a tabela de

fundação a qual foi construída utilizando sapatas isoladas; também foi construída as tabelas da superestrutura com vigas, pilares e laje pré-moldada. Como resultado, obteve-se o volume de concreto. A tabela de alvenaria de vedação com blocos cerâmico, chapisco, emboço e pintura, gerou a área total de cada um desses serviços.

Figura 3 - Modelagem em BIM do village residencial



Fonte: Os autores (2023).

Foram considerados para o estudo os materiais que incidem diretamente no produto demonstrados nas Tabelas 1 a 5, não sendo explorados os quantitativos de equipamentos, mão de obra e materiais auxiliares.

Tabela 1 - Volume de concreto da fundação - sapatas (quantificados pelo REVIT®)

FUNDAÇÕES - SAPATAS		
Descrição	Volume	Área
Sapatas	26,71 m ³	74 m ²

Tabela 2 - Volume de concreto dos pilares (quantificados pelo REVIT®)

PILAR ESTRUTURAL	
Descrição	Volume
Pilar de arranque	1,74 m ³
Pilarsuperestrutura	9,15 m ³

Tabela 3 - Volume de concreto das vigas (quantificados pelo REVIT®)

VIGAS	
Descrição	Volume
Viga baldrame	16,02 m ³
Viga superestrutura	32,43 m ³

Após a extração dos quantitativos por construção virtual, foram analisados os dados da construção para as etapas mencionadas anteriormente, obtidos de forma tradicional (manualmente) pela construtora, ou seja, sem utilizar a modelagem da informação da construção. A relação dos quantitativos de materiais orçados são apresentados na Tabela 6.

Tabela 4 - Área de tijolos, revestimentos da alvenaria e pintura (quantificados pelo REVIT®)

ALVENARIA		
Descrição	Área	Espessura
Chapisco	2977 m ²	0,01
Emboço	2960 m ²	0,02
Pintura	2944 m ²	0,01
Tijolo comum	1505 m ²	0,09

Tabela 5 - Área de piso cerâmico, laje estrutural, lastro de concreto e soleira (quantificados pelo REVIT®)

PISO		
Descrição	Área	Volume
Cerâmica	660 m ²	13,20 m ³
Laje 12 cm	750 m ²	90,04 m ³
Lastro de concreto	374 m ²	29,93 m ³

Tabela 6 - Quantitativos de materiais orçados manualmente pela construtora

ETAPA	ELEMENTO	MATERIAL	UNIDADE	QUANTITATIVO MANUAL
Fundação	Sapata + Pilar de Arranque + Viga Baldrame	Concreto	m ³	33,32
Superestrutura + Piso	Vigas + Pilares + Lajes	Concreto	m ³	131,51
Piso	Lastro de Concreto	Concreto	m ³	21,1
Alvenaria	Vedação	Bloco	m ²	1835,8
Alvenaria	Chapisco	Argamassa	m ²	3136,67
Alvenaria	Emboço	Argamassa	m ²	3136,67
Piso	Cerâmica	Cerâmica	m ²	757,85
Alvenaria	Pintura	Tinta	m ²	3179,43

Fonte: Construtora, 2008.

Em seguida a pesquisa envolveu cálculo das diferenças em quantitativo de insumos entre o previsto em orçamento e quantificado por meio do BIM, por meio da equação:

$$\text{Diferença} = \text{Quantitativo}_{\text{BIM}} - \text{Quantitativo}_{\text{MANUAL}} \quad (1)$$

Onde o quantitativo BIM refere-se ao extraído por meio da modelagem no software Revit® (Tabela 1 a Tabela 5), enquanto o quantitativo manual refere-se aos dados fornecidos pela construtora (Tabela 6).

Além disso, mediante os valores utilizados na época da construção (2008), pode-se fazer um comparativo de custos em moeda brasileira (Real) em relação à diferença dos valores dos insumos quantificados pelas duas metodologias abordadas a fim de quantificar os impactos econômicos.

$$\text{Valor Total da Diferença} = \text{Diferença} * \text{Valor Unitário do insumo} \quad (2)$$

O valor Diferença refere-se ao resultado obtido na Equação (1) que é multiplicado pelo valor unitário do insumo, encontrado na base de dados do Sistema Nacional de Preços e Índices para a Construção Civil (SINAPI), fornecidos pela Caixa Econômica Federal e extraídos pela construtora no ano de 2008.

Por fim, foi realizada uma avaliação dos impactos ambientais que podem ter sido causados pela construção por meio do plugin One Click LCA®. O plugin identifica todos os componentes modelados virtualmente no Revit® e exporta esses dados para o seu site, onde detecta quais são os materiais utilizados nos componentes.

Na avaliação ambiental realizada pelo One Click LCA® foi utilizado banco de dados da *Ecoinvent*, uma biblioteca de inventários que disponibiliza valores de cargas ambientais para cada um dos materiais utilizados.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Tabela 7 apresenta o resultado do comparativo entre os dados fornecidos pela construtora e os dados extraídos a partir da modelagem BIM.

Os valores indicados na Tabela 7 como valor unitário se trata apenas dos valores de insumos, pois não é considerado mão de obra, impostos, dentre outros custos. Além disso, a soma dos valores totais (R\$ 13.065) foi corrigida com base no INCC (Índice Nacional de Custo da Construção) para atualização do valor para o presente ano, totalizando R\$ 38.248,00.

Tabela 7 - Comparação de quantitativo de custos entre método tradicional e método BIM

ETAPA	ELEM.	MATERIAL	QUANT. MANUAL	QUANT. BIM	DIF.	VALOR UNIT.	VALOR TOTAL
Fundação	Sapata + Pilar de Arranque + Viga Baldrame	Concreto	33,32 m ³	44,47 m ³	11,15 m ³	R\$ 137,32	R\$ 1531,1
Superestrutura + Piso	Vigas + Pilares + Lajes	Concreto	131,51 m ³	71,65 m ³	-59,86 m ³	R\$ 154,27	-R\$ 9234,6
Piso	Lastro de Concreto	Concreto	21,1 m ³	29,93 m ³	8,83 m ³	R\$ 193,67	R\$ 1710,1
Alvenaria	Vedação	Bloco	1835,8 m ²	1505 m ²	-330,8 m ²	R\$ 6,08	-R\$ 2011,3
Alvenaria	Chapisco	Argamassa	3136,67 m ²	2977 m ²	-159,67 m ²	R\$ 0,92	-R\$ 146,9
Alvenaria	Emboço	Argamassa	3136,67 m ²	2960 m ²	-176,67 m ²	R\$ 1,80	-R\$ 318,0
Piso	Cerâmica	Cerâmica	757,85 m ²	660 m ²	-97,85 m ²	R\$ 40,90	-R\$ 4002,1
Alvenaria	Pintura	Tinta	3179,43 m ²	2944 m ²	-235,43 m ²	R\$ 2,52	-R\$ 593,3
SOMA						-R\$ 13.065	

Legenda: ELEM. = ELEMENTO; QUANT. = QUANTITATIVO; DIF. = DIFERENÇA; UNIT. = UNITÁRIO

A partir da análise comparativa orçamentária entre os dados da construtora e da modelagem, observa-se que para a maioria dos insumos, os quantitativos obtidos através da metodologia BIM são menores, o que se justifica pela integração dos componentes do sistema, assim como concluiu Gomes (2018) em estudo sobre contribuição da modelagem à ACV.

Ademais, verifica-se que essa diferença entre os valores citados anteriormente, em relação ao valor total dos insumos das etapas estudadas, extraído do orçamento da construtora, R\$ 192.844,17, corresponde a 6,77%. A partir

deste valor, é possível observar que houve uma redução significativa no custo na execução da obra se fosse utilizado um software BIM.

No que diz respeito ao aspecto ambiental, a avaliação considerou indicadores como emissões de CO₂, destruição da camada de ozônio, acidificação, eutrofização e esgotamento abiótico. A Tabela 8 apresenta os resultados encontrados em cada fase do ciclo de vida da edificação e a carga ambiental emitida de acordo com as etapas de ciclo de vida da edificação e categorias de resultados exibidos na Tabela 9 e Tabela 10 respectivamente.

Tabela 8 - Carga ambiental emitida segundo a norma EM 15978 (quantificado por One Click LCA®)

	Kg CO ₂ e	Kg CO ₂ e bio	Kg CFC11e	Kg SO ₂ e	Kg PO ₄ e	Kg Etenee	Kg Sbe	MJ
A1-A3	2,35E5	6,87E3	8,53E-3	9,28E2	9,49E2	2,14E2	4,37E0	3,05E6
A4	3,38E3		6,23E-4	1,08E1	2,31E0	3,39E-1	1,4E1	7,41E4
A5	2,11E4		7,08E-4	6,62E1	1,18E2	1,94E1	1,9E0	3,28E5
B1								
B3	0E0		0E0	0E0	0E0	0E0	0E0	0E0
B4-B5	0E0		0E0	0E0	0E0	0E0	0E0	0E0
B6								
B7								
C1-C4	1,8E3		3,56E-4	8,18E0	1,78E0	1,16E-1	1,3E1	5,18E4
D	-1,37E4		-2,59E-4	-2,64E1	-3,53E0	-4,56E0	6,87E-2	-9,69E4
TOTAL	2,61E5	6,87E3	1,02E-2	1,01E3	1,07E3	2,24E2	3,33E1	3,51E6

Fonte: One Click LCA®, 2023.

Tabela 9 - Legenda das etapas de ciclo de vida da edificação

A1-A3	A4	A5	B1	B3	B4-B5	B6	B7	C1-C4	D
Materiais de construção	Transporte para o local	Processo de construção	Fase de uso	Reparar	Substituição e reforma	Consumo de energia	Uso de água	Fim da vida	Impactos externos

Fonte: Os autores, com base em One Click LCA®, 2023.

Tabela 10 - Legenda das categorias de resultados

Kg CO ₂ e	Kg CO ₂ e bio	Kg CFC11e	Kg SO ₂ e	Kg PO ₄ e	Kg Etenee	Kg Sbe	MJ
Aquecimento global	Armazenamento de carbono biogênico	Destruição do ozônio	Acidificação	Eutrofização	Formação de ozônio da baixa atmosfera	Potencial de esgotamento abiótico para recursos não fósseis	Potencial de esgotamento abiótico para recursos fósseis

Fonte: Os autores, com base em One Click LCA®, 2023.

A Figura 4 sintetiza quais categorias geram maiores emissões de gás carbônico para a atmosfera, enquanto que a Figura 5 apresenta os materiais que causam esses impactos.

Os resultados revelaram que para as etapas de A1-A5, que se caracteriza pela produção de matérias primas e construção da edificação, são mais significativas do que para as etapas C1-C4, que representa o fim de vida, nas taxas para todas as categorias ambientais, ou seja, pode-se considerar que certas alterações no projeto, como a adoção de sistemas de energia renovável, eficiência energética e reutilização de água, poderiam reduzir significativamente os impactos ambientais da construção.

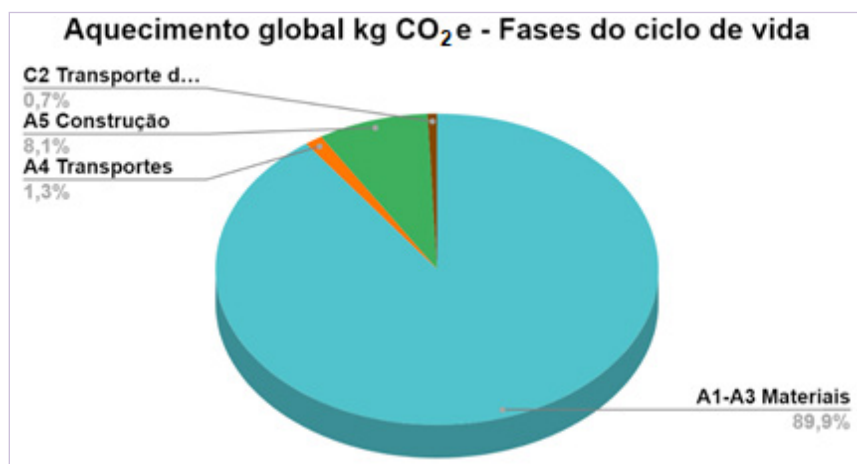
Além disso, a modelagem de informações permitiu identificar que a simples troca do insumo utilizado por um material alternativo com menor pegada ambiental, conforme observado por Farias et al. (2022), contribui para uma construção mais sustentável já que grande parte das emissões de CO₂, cerca de 90%, como apresentado na Figura 4, são devidas aos materiais utilizados.

A interface One Click LCA precisa inserir uma nova camada no modelo BIM vinculada à armadura e então escolher o código adequado no banco de dados. Para essa pesquisa foi necessário dar mais atenção a outros componentes, pois não foram fornecidos pela construtora os detalhamentos das armaduras dos projetos estruturais, isto é a razão pela qual a pesquisa ignorou a quantidade de aço.

Outro ponto é que no plugim One Click LCA, o banco de dados não lista os tipos de materiais para a realidade brasileira, então para algumas etapas a análise foi realizada usando um material genérico, que mais se assemelhava com a tipologia do material em questão.

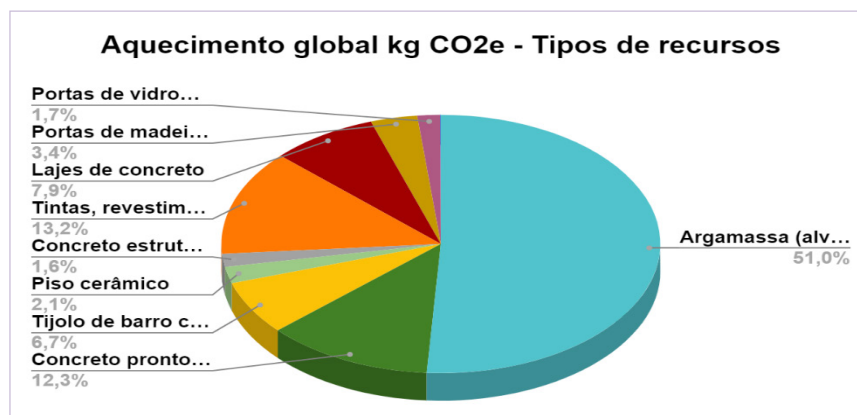
A utilização do BIM para a avaliação ambiental e econômica de uma construção oferece benefícios significativos para a indústria da construção. A integração de informações em um único modelo digital permite uma análise mais abrangente e precisa, facilitando a tomada de decisões informadas. Além disso, o BIM permite uma comunicação mais eficiente entre os diversos envolvidos no projeto,

Figura 4 - Aquecimento global por categoria de resultado



Fonte: Os autores, com base em One Click LCA®, 2023.

Figura 5 - Aquecimento global por tipo de insumos



Fonte: Autores, com base em One Click LCA®, 2023.

incluindo arquitetos, engenheiros, construtores e gestores, promovendo uma colaboração mais efetiva. No entanto, é importante ressaltar que a implementação bem-sucedida do BIM requer a capacitação adequada dos profissionais envolvidos e a colaboração entre as partes interessadas. Além disso, a disponibilidade de dados precisos e atualizados é fundamental para uma avaliação precisa e confiável.

CONCLUSÃO

Os resultados e discussões apresentados neste estudo destacam os benefícios e o potencial do BIM para auxiliar na tomada de decisões mais informadas e responsáveis, visando a construção de edifícios mais sustentáveis e economicamente viáveis. Verificou-se que ao utilizar a modelagem da informação para a extração de quantitativos de insumos uma economia de 6% comparado com o quantificado manualmente pela construtora.

O BIM possibilita a simulação de cenários diferentes, o que permite comparar alternativas de projeto e selecionar aquelas com menor impacto ambiental e maior viabilidade econômica. Quanta a avaliação ambiental, o trabalho demonstra que os materiais da construção são responsáveis por 90% das emissões de CO₂ da edificação. Há pontos que necessitam passar por melhorias, como a disponibilidade de um banco de dados com fonte brasileira para materiais, energia e transporte, por exemplo.

Os resultados desta avaliação demonstraram que o uso do BIM proporcionou uma análise abrangente e precisa dos impactos ambientais e econômicos da construção. A modelagem tridimensional permitiu uma visualização detalhada dos componentes da edificação e seus respectivos materiais, facilitando a identificação de oportunidades de otimização.

O fluxo das informações e integração dos dados entre as ferramentas BIM e ACV possui eficácia, principalmente ao utilizar o BIM para avaliação ambiental ainda na fase de projeto, pois permite reduzir os insumos e a predileção por materiais que causam menores impactos ambientais. Entretanto alguns pontos ainda precisam ser melhorados, pois a retroalimentação em alguns casos precisou ser realizada de forma manual, não havendo assim automatização no processo, além de não haver base de dados brasileira para alguns itens.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (ABRELPE). **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2022**. Disponível em: <<https://abrelpe.org.br/panorama>>. Acesso em: 07 mai. 2023.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **ABNT NBR ISO 14040: Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Princípios e estrutura**. Rio de Janeiro, 2 p., 2009.
- BARROS, N. N.; SILVA, V. G. BIM na Avaliação do Ciclo de Vida de edificações: revisão da literatura e estudo comparativo. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**. V. 7, n. 2, p. 89-101, Campinas: 2016.
- CALDAS, L. R.; NASCIMENTO, M. L. M.; CARVALHO, M. T. M.; SPOSTO, R. M. Diagnóstico da produção científica relacionada à aplicação do BIM à metodologia de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV). **Latin American Congress on Computational Methods in Engineering (CILAMCE)**, Rio de Janeiro: 2015, 16p.
- EASTMAN, C.; TELCHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **Manual de BIM**. Porto Alegre: Bookman, 2014, 503p.
- FARIAS, E. E. V.; OLIVEIRA, R.; SILVA, M. M. P.; MELO, T. Avaliação do ciclo de vida da construção civil habitacional brasileira. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 1, 2022.
- FARIAS, I. P. **Proposta de Modelo de Gestão de Resíduos da Construção Civil para a Zona Leste da Cidade de Teresina-PI**. 2014. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2014.
- GOMES, V; BARROS, N. N. Contribuição da modelagem BIM para facilitar o processo de ACV de edificações completas. **Gestão e Tecnologia de Projetos**, São Carlos, v. 13, n. 2, p. 19-34, 2018.
- OLIVEIRA, O. F.; MEDEIROS, P. N.; PEREIRA, W. E. N. Uma breve descrição da construção civil no Brasil, destacando o emprego formal e os estabelecimentos no Nordeste. **Seminário de pesquisa do Centro de Ciências Sociais Aplicadas**, v. 20, p. 01-12, maio, 2015.
- OLIVEIRA, J.; MODOLO, R. C. E.; GONZÁLEZ, M. A. S. BIM como suporte à avaliação do ciclo de vida de edifícios: uma revisão sistemática. **MIX Sustentável**. V. 8, n. 4, 14p. Florianópolis: 2022.
- TESSARO, A. B.; SÁ, J. S.; SCREMIN, L. B. Quantificação e classificação dos resíduos procedentes da construção civil e demolição no município de Pelotas, RS. **Revista Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 12, n.2, p. 121-130, abr. 2012.