

AValiação DO CICLO DE VIDA: COMPARAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS EM UM SISTEMA DE VEDAÇÃO VERTICAL UTILIZANDO DADOS NACIONAIS E INTERNACIONAIS

LIFE CYCLE ASSESSMENT: COMPARISON OF ENVIRONMENTAL IMPACTS IN A VERTICAL SEALING SYSTEM USING NATIONAL AND INTERNATIONAL DATA

Marianne B. Di Domênico¹; Lauro André Ribeiro²; Thaísa Leal da Silva³

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). lauro.ribeiro@imed.edu.br

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

RESUMO

Atualmente, com o auxílio de novas tecnologias, crescem as pesquisas e discussões para o desenvolvimento de alternativas que possam minimizar os impactos ambientais gerados na cadeia produtiva da construção civil. Devido à importância dos materiais de construção para a elaboração de projetos menos impactantes, o artigo apresentado tem o objetivo de identificar e quantificar os impactos de um sistema de alvenaria de vedação com blocos de concreto por meio da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) e comparar os resultados obtidos a partir de dados adaptados à realidade brasileira e dados não adaptados. A metodologia utilizada compreende a aplicação da ACV para 1m² de alvenaria de vedação atendendo às etapas de extração da matéria-prima, produção dos materiais, transporte e desperdício. Para o inventário do ciclo de vida foi utilizado dados secundários da base de dados Ecoinvent v3.6 e os impactos foram calculados com o auxílio do software OpenLCA com o método CML. Os resultados referentes à contribuição dos componentes indicaram o bloco cerâmico como o elemento com os maiores impactos dentro do sistema avaliado. Por fim, comparando os resultados obtidos a partir dos dois tipos de inventários: adaptados à realidade brasileira (BR) e RoW (Rest of the World), pode-se concluir que, na maioria dos materiais estudados, os resultados com dados RoW foram mais impactantes ambientalmente.

Palavras-chave: Impactos Ambientais. Inventário do Ciclo de Vida. Avaliação do Ciclo de Vida. Alvenaria. Blocos de concreto.

ABSTRACT

Currently, with the help of new technologies, research and discussions are growing for the development of alternatives that can minimize the environmental impacts generated in the civil construction production chain. Due to the importance of construction materials for the elaboration of less impacting projects, the article presented aims to identify and quantify the impacts of a masonry system with concrete blocks through Life Cycle Assessment (LCA) and compare the results obtained from data adapted to the Brazilian reality and data not adapted. The methodology used

comprises the application of the LCA for 1m² of sealing masonry, attending the stages of extraction of raw material, production of materials, transport and waste. Secondary data from the Ecoinvent v3.6 database was use for the life cycle inventory and the impacts were calculate with the aid of the OpenLCA software with the CML method. The results regarding the contribution of the components indicated the ceramic block as the element with the greatest impacts within the evaluated system. Finally, comparing the results obtained from the two types of inventories: adapted to the Brazilian reality (BR) and RoW (Rest of the World), it can be concluded that, in most of the studied materials, the results with RoW data were more environmentally impacting

Keywords: *Environmental impacts. Life Cycle Inventory. Life Cycle Assessment. Masonry. Concrete blocks.*

1 INTRODUÇÃO

Com a crescente preocupação com o desenvolvimento sustentável, novas práticas foram sendo desenvolvidas e aperfeiçoadas para auxiliar na criação e adaptação de produtos que tenham menos impactos ambientais. Isso também pode ser observado no âmbito da indústria da construção civil. Apesar de apresentar atraso em relação à responsabilidade socioambiental no setor, crescem as pesquisas e discussões sobre novas tecnologias que possam minimizar os impactos ambientais gerados em suas atividades.

Esse meio está em constante evolução e demanda o uso de diferentes processos para transformação de matérias primas e fabricação de materiais utilizados no setor da construção. Entre os impactos ambientais gerados nesse setor, podem-se destacar as emissões globais de gases de efeito estufa, o consumo de recursos naturais, o consumo de energia e a geração de resíduos (CNI, 2017).

De acordo com, Agopyan e John (2011), os efeitos da construção civil no meio ambiente dependem de uma vasta cadeia produtiva compreendendo as etapas de extração de matérias-primas, produção e transporte dos materiais, elaboração de projeto, execução, uso, manutenção e fim da vida útil.

Os autores salientam que a cadeia produtiva de materiais de construção de forma isolada, influência inevitavelmente nos impactos gerados nas edificações. Apontam ainda que no Brasil, as emissões de dióxido de carbono (CO₂) para a produção de materiais são mais relevantes comparada à fase de uso das edificações. Dessa forma, as decisões de projeto e escolha de soluções construtivas afetam diretamente no desempenho ambiental da edificação, uma vez que intrinsecamente, esses insumos trazem impactos embutidos, consequências de seus processos de produção. Logo, destaca-se a importância em analisar os produtos disponíveis no mercado, para contribuir na concepção de materiais com menores índices de impactos ambientais.

Nesse contexto, a Avaliação do Ciclo de Vida torna-se uma ferramenta aliada para a redução de impactos e para a tomada de decisões com o intuito de promover de forma efetiva o consumo e produção mais sustentável (IBICT, 2014). A Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) é um método que analisa todo o ciclo de vida de um produto ou serviço, desde a extração da matéria-prima, fabricação, transporte, uso até a disposição final ou reciclagem do produto (SILVA et al., 2015). Essa ferramenta possibilita analisar produtos e insumos para melhor compreender seus ciclos e assim contribuir para propor soluções que diminuam seus efeitos ao meio ambiente.

De acordo com Saade et al. (2014), o objetivo de uma ACV é analisar os fluxos provenientes da natureza e que são direcionados a ela, para atenuar o consumo de recursos naturais e as emissões derivadas das atividades exercidas durante o

processo de produção, uso e descarte de produtos. Por se tratar de análise com abordagem holística, conforme Tavares (2006), as aplicações de uma ACV são abrangentes e permitem diversas possibilidades de estudos.

Orientada pela NBR 14.040 (2014) Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Princípios e estrutura, e pela NBR 14.044 (2009) Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Requisitos e orientações, a ACV é executada mediante a: compilação de um inventário, as entradas e saídas associadas ao produto e a avaliação e interpretação dos impactos ambientais relacionadas a essas entradas e saídas (NBR ISO 14040, 2014).

A NBR 14.040 (ABNT, 2014) descreve alguns requisitos mínimos, os princípios e a estrutura para nortear os estudos de ACV. A NBR 14.044 (ABNT, 2009) abrange dois tipos de pesquisa: o estudo de avaliação do ciclo de vida e estudos de inventário do ciclo de vida. Esta norma fornece diversas orientações e recomendações para garantir a transparência desses estudos.

De acordo com as recomendações descritas na NBR ISO 14.040 (ABNT, 2014), uma ACV deve estar estruturada em quatro etapas, sendo elas: Definição do objetivo e escopo; Análise de inventário; Avaliação de impactos e interpretação de resultados.

A etapa de objetivo e escopo é considerada a fase principal do estudo, pois, é nesse momento que o estudo é definido. No objetivo da ACV deve ser descrita a aplicação pretendida bem como as razões para a execução do estudo (ABNT, 2014). No Escopo da ACV deve ser definido o sistema de produto analisado, a unidade funcional, a metodologia de avaliação e os tipos de impactos ambientais levados em consideração no estudo, a qualidade de dados e as limitações da pesquisa (SILVA et al., 2015).

A análise do inventário compreende a segunda fase uma ACV, essa etapa é definida por Silva et al. (2015, p.10) como: “Fase da ACV que envolve a compilação e a quantificação de entradas e saídas de matéria e energia ao longo do ciclo de vida de um produto”.

A fase de avaliação de impactos tem como objetivo proporcionar o entendimento da significância dos impactos ambientais abordados no estudo ao longo do ciclo de vida do produto. Por fim, a etapa de interpretação dos resultados compreende a identificação dos resultados significativos encontrados nas fases de Análise de Inventário e Avaliação de Impactos. As constatações dessa etapa devem estar relacionadas ao objetivo e escopo definidos nas etapas iniciais da estrutura da ACV (ABNT, 2009).

Para a indústria brasileira de construção civil, de acordo com Passuelo et al. (2014), a ACV permite o maior acesso ao mercado interno e externo, pois devido a sua metodologia internacionalmente conhecida, sua aplicação também tende a satisfazer as expectativas dos consumidores que atualmente caracterizam-se gradativamente pela preocupação com o perfil ambiental dos materiais e sistemas construtivos utilizados.

No Brasil, estudos de ACV no setor da construção civil demonstram estar ainda em estágios iniciais, segundo Castro et al. (2015) somente a partir dos anos 2000 ocorreu o aumento de publicações de estudos de ACV no país. Os autores citam também o estágio avançado de outros países a respeito de normativas relacionadas à ACV de produtos da construção civil.

Por ser uma ferramenta em desenvolvimento no Brasil, muitas vezes são encontradas empecilhos para a aplicação dos estudos, como dificuldade em encontrar base de dados como inventário de ciclo de vida nacional. Alguns estudos já aplicam a adaptação de dados como é o caso do trabalho Morales et al. (2015), que a partir da base de dados *Ecoinvent* v.3.3 realizaram a adaptação dos dados, utilizando

adaptações que refletiam o contexto e as características das construções brasileiras. O estudo é considerado um dos primeiros a realizar a ACV de um edifício no Brasil utilizando dados de inventário regionalizados para as condições locais.

Ecoinvent é uma biblioteca de inventários para a avaliação do ciclo de vida, é considerada um dos principais banco de dados disponíveis. A versão mais recente da *Ecoinvent*, (*Ecoinvent v.3.6*) já apresenta alguns materiais adaptados para as construções brasileiras, porém, esse número ainda é inferior a dados disponíveis relativos a países europeus, por exemplo.

Tendo em vista a importância dos materiais de construção para o desenvolvimento de diretrizes que diminuam o agravamento de problemas ambientais, o presente artigo tem como objetivo identificar e quantificar os impactos de um sistema de alvenaria com blocos de concreto por meio da Avaliação do Ciclo de Vida e apontar os componentes com resultados mais expressivos contribuindo assim para o desenvolvimento de análises que possam mitigar tais impactos nesses produtos. O estudo visa também comparar dados do inventário para o contexto brasileiro (BR) e dados com estimativas para o mundo (RoW), e assim verificar a diferenças dos dados e potenciais incertezas de estudos com dados não adaptados.

2 METODOLOGIA

Para se chegar aos resultados almejados, foi realizada a Avaliação dos Impactos do Ciclo de Vida seguindo as orientações das normas NBR ISO 14040 (ABNT, 2009) e da NBR ISO 14044 (ABNT, 2009).

Foi adotado para estudo um sistema construtivo de alvenaria de vedação composto por blocos de concreto com a finalidade de quantificar impactos ambientais presentes em seus processos e comparar as diferenças referentes à geografia do inventário. Para o levantamento quantitativo foi levado em consideração traços e composições usuais em habitações e que são especificadas pela SINAPI.

O sistema de produto adotado no presente estudo é o ciclo de vida dos materiais que compõem o sistema construtivo de alvenaria de vedação com blocos de concreto, utilizando unidade funcional de 1m² de parede.

O escopo adotado atende às etapas de extração da matéria prima, produção dos materiais, transporte e desperdício. De acordo com orientações da SINAPI (2019) foi adotado taxa de desperdício de 10% que já foi inserido no cálculo de quantitativo dos materiais. Os quantitativos necessários para o levantamento de 1m² de alvenaria são descritos no Quadro 1.

Quadro 1 – Levantamento quantitativo dos sistemas avaliados

| Sistema | Descrição dos Materiais | Massa Total (kg/m²) |
|----------------------------------|--|---------------------------------------|
| Alvenaria com blocos de concreto | Blocos de concreto nas dimensões 14cmx19cmx39xm | 156 kg ¹ |
| | Juntas de assentamento de 1 cm de argamassa: cimento, cal e areia no traço 1:2:8 | 16 kg |
| | Revestimento em argamassa (chapisco e emboço) | 65,5 kg |

Fonte: Os autores (2020).

¹ De acordo com ANICER (2012)

O sistema construtivo em estudo é constituído por blocos de concreto nas dimensões de 14x19x39cm assentados com argamassa misturada *in loco* composta de cimento cal e areia. Para o revestimento de paredes é considerado chapisco e emboço de argamassa.

O levantamento do inventário foi realizado utilizando dados secundários disponíveis na base de dados Ecoinvent versão 3.6 e o modelo de sistema *cut-off* com processos de mercado (*Market*). Dados *Market* representam dados referentes às atividades de transformação do produto acrescidas do transporte. Para auxiliar na organização dos dados do inventário foi utilizado o *software* OpenLCA. Para atender o objetivo de comparação de inventários, foram utilizados dois tipos de geografias de dados: adaptados à realidade brasileira (BR) e dados do tipo RoW. Dados com geografia RoW (*Rest of the World*) são conjuntos de dados que foram calculados a partir de uma estimativa de diversos países, ou seja, é uma cópia dos dados GLO com incertezas em relação a geografia ajustadas (ECOINVENT, 2020). Para a etapa de avaliação dos impactos do ciclo de vida, foi utilizado *software* OpenLCA 1.9 para o cálculo de avaliação de impactos.

Quadro 2 – Categorias de impacto

| Impacto | Unidade Referência |
|--|-------------------------------------|
| Depleção de recursos abióticos fósseis | MJ |
| Acidificação | Kg SO ₂ eq |
| Eutrofização | Kg PO ₄ eq |
| Potencial de aquecimento global | Kg CO ₂ eq. |
| Toxicidade humana | Kg 1,4-DB eq |
| Ecotoxicidade Terrestre | Kg 1,4-DB eq. |
| Ecotoxicidade Marinha | Kg 1,4-DB eq. |
| Ecotoxicidade Aquática (água doce) | Kg 1,4-DB eq. |
| Depleção da camada de ozônio | Kg CFC-11 eq |
| Potencial de oxidação | Kg C ₂ H ₄ eq |

Fonte: Os autores (2020).

As categorias de impacto avaliadas estão presentes no método de impacto CML. As categorias selecionadas para o estudo são: Depleção de recursos abióticos fósseis, acidificação, eutrofização, potencial de aquecimento global, toxicidade humana, ecotoxicidade terrestre, marinha e aquática em água doce, depleção da camada de ozônio e oxidação química.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

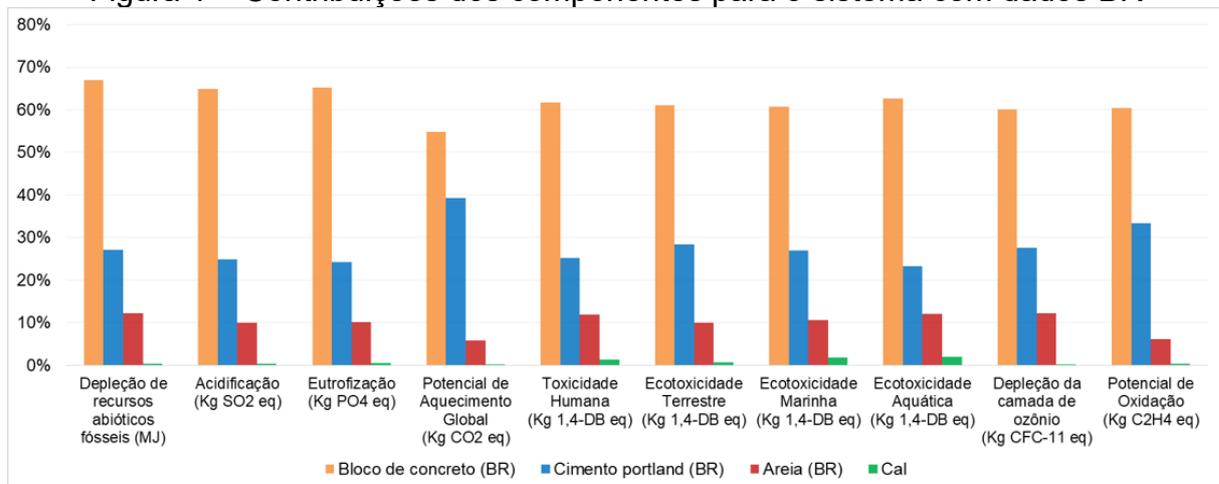
A partir do levantamento do inventário realizado na *Ecoinvent* pode-se obter resultados referentes a cada componente do sistema construtivo de alvenaria de vedação estudado. O inventário foi organizado no *software* OpenLCA, onde também foi realizado o cálculo dos impactos ambientais. As categorias de impacto são resultados da ACV com o uso do método de impacto CML.

3.1 Contribuição impactos embutidos nos materiais para alvenaria com dados BR

Na primeira etapa do estudo, foi realizada a ACV no sistema de alvenaria utilizando apenas os dados BR, para assim, identificar qual componente do sistema possui maior contribuição no sistema avaliado (Figura 1).

Durante o levantamento de dados não foram encontrados dados nacionais relativos à cal, então, foi adotado somente a geografia RoW para esse elemento. De forma geral, por apresentar pouca massa total em relação ao sistema, já que neste caso em estudo a cal é utilizada apenas na mistura para a argamassa de assentamento, o material não interfere significativamente no desenvolvimento do estudo.

Figura 1 – Contribuições dos componentes para o sistema com dados BR



Fonte: Os autores (2020).

Observando o gráfico da Figura 1, pode-se constatar que em todas as categorias de impacto analisadas os blocos de concreto apresentaram as maiores contribuições de, resultando mais de 50% dos impactos embutidos em todas as dez categorias. Os impactos embutidos no cimento Portland foram os segundo mais impactantes.

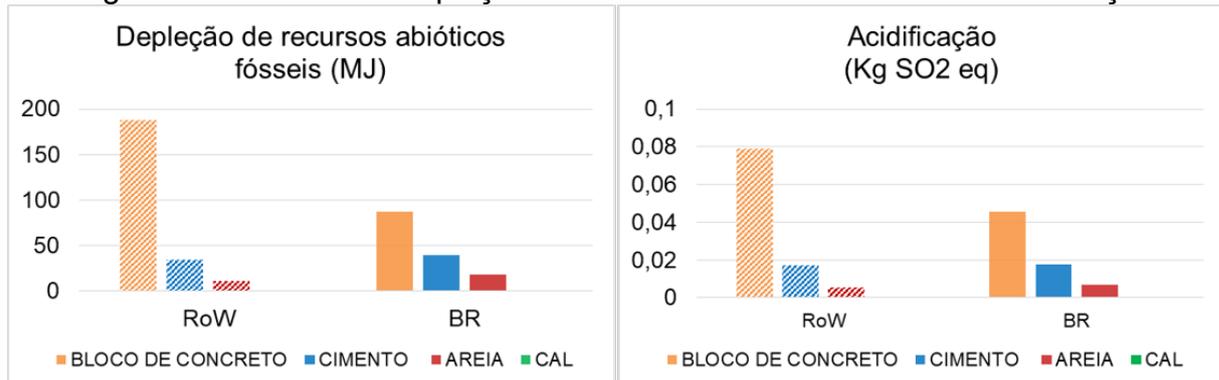
Em relação à massa do componente, para 1m² de parede é necessário o uso de 13 blocos de concreto, que resultam em 156 kg. Desse modo, em relação aos outros elementos do sistema, a grande quantidade de impacto, ocorre também, devido a sua participação expressiva em massa no sistema. A cadeia produtiva do cimento também gera muito impactos, principalmente em sua fase de clínquerização.

Os impactos embutidos na areia, utilizadas na mistura de argamassa, nas categorias de Potencial de Aquecimento Global e Potencial de Oxidação, contribuíram apenas com 6% dos impactos totais, no restante das categorias apresentou contribuição de 10 a 12%. A cal, devido a sua pequena quantidade de massa total para o sistema, apresentou as menores contribuições. Nas categorias de ecotoxicidade marinha e aquática (água doce), apresentou 2% dos impactos. Já nas categorias de eutrofização, toxicidade humana e ecotoxicidade terrestre os impactos embutidos na cal resultaram em 1% do total. Nas demais categorias, os resultados foram inferiores a 1%.

3.2 Comparação dos impactos embutidos nos materiais utilizando dados BR e dados RoW

Na segunda etapa do estudo, realizou-se a ACV aplicando os quantitativos para 1m² de alvenaria de vedação utilizando dados BR e RoW, comparando as divergências entre as duas geografias de dados adotadas. Os resultados dessa etapa estão representados nas Figuras 2 à 5.

Figura 2 – Resultados depleção de recursos abióticos fósseis e acidificação



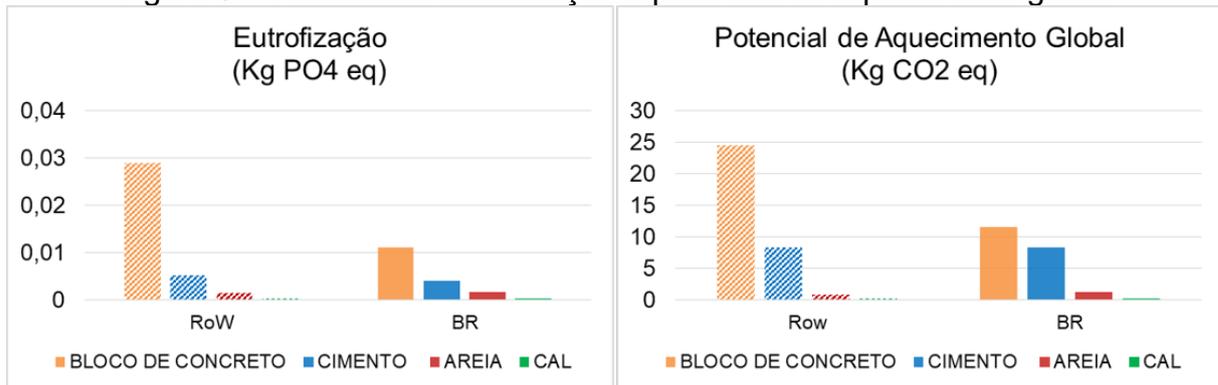
Fonte: Os autores (2020).

A categoria de impacto de depleção de recursos abióticos fósseis é responsável pelos danos aos recursos naturais e desequilíbrio do ecossistema. De forma geral está relacionada ao consumo de recursos não biológicos e recursos fósseis resultantes do uso não sustentável. O impacto de acidificação está relacionada a formação da chuva ácida, decorrente da eliminação de gases ácidos, como o dióxido de enxofre. Essa categoria está ligada com danos à qualidade dos ecossistemas e diminuição da biodiversidade (ACERO et al., 2015).

Em relação aos resultados referentes às duas categorias de impacto citadas (Figura 2), denota-se que, o sistema apresentou resultados mais impactantes quando utilizado dados RoW. Entre os elementos, apenas o bloco de concreto apresentou diferença significativa, sendo mais impactante quando utilizados dados RoW.

Na Figura 3 são apresentados os resultados para eutrofização e potencial de aquecimento global. Eutrofização é o impacto responsável pela excessiva nutrição de ecossistemas com nitrogênio (N) e fósforo (P), aumentando a quantidade de algas na água reduzindo o oxigênio disponível (ILCD, 2011). Nessa categoria os resultados também foram maiores utilizando dados RoW.

Figura 3 – Resultados eutrofização e potencial de aquecimento global



Fonte: Os autores (2020).

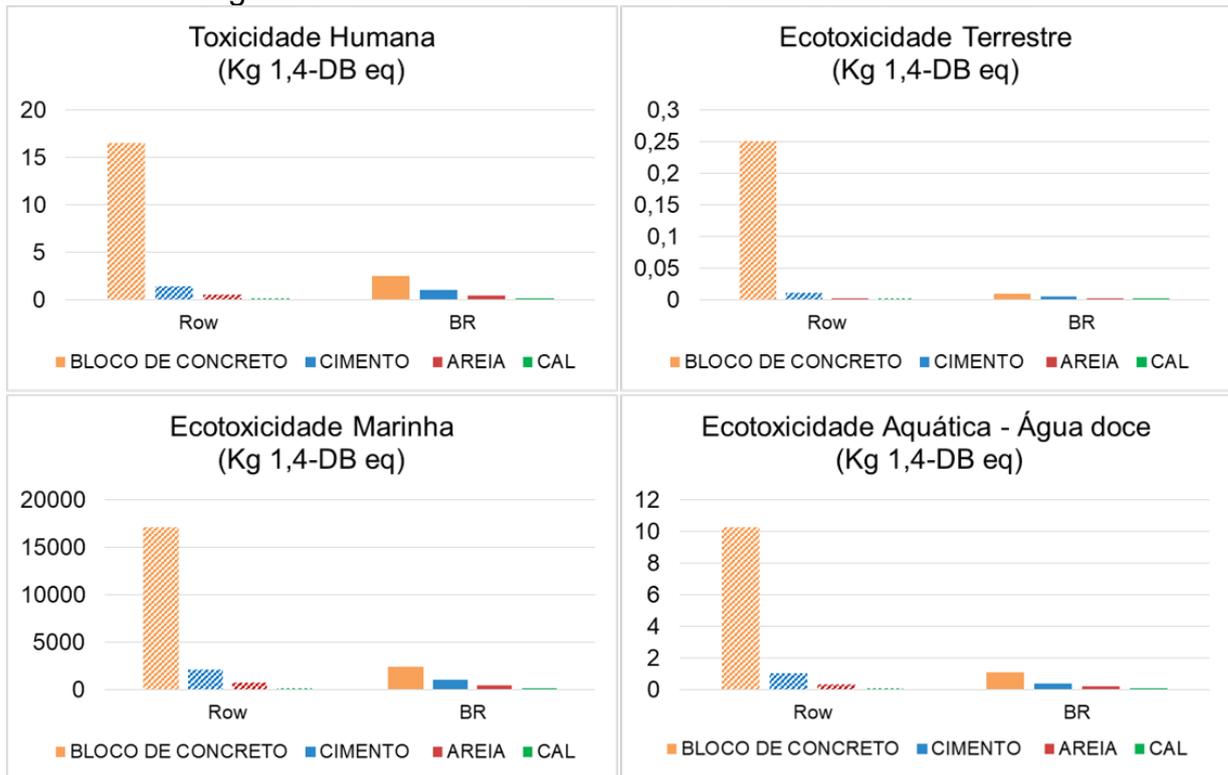
Na categoria de potencial de aquecimento global, são indicadas as emissões poluentes que potencializam o aquecimento global. Essas emissões são relacionadas a gases CO₂, hidrocarboneto, NO_x etc. Formando o que se chama de CO₂ equivalente. “O dióxido de carbono equivalente é o resultado da multiplicação das toneladas emitidas de GEE pelo seu potencial de aquecimento global” (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, p.1 2012). O potencial de aquecimento global é considerado um dos principais impactos ambientais na construção civil. Pedroso (2015) estima que 30% das emissões CO₂, no contexto mundial, são geradas nas atividades exercidas no setor da construção civil. Uma das consequências da emissão desses gases são as mudanças climáticas.

Esse desequilíbrio climático pode ocasionar elevação da temperatura, desertificação, aumento do nível do mar, além de estar ligado também à saúde humana e disseminação de doenças (ACERO et al., 2015). Para os impactos de potencial de aquecimento global (Figura 3), os blocos de concreto com dados RoW continuaram apresentando os maiores resultados, porém, o cimento portland e areia apresentaram pequeno acréscimo nos dados BR.

O potencial de toxicidade humana, de acordo com Acero et al. (2015) é relacionado aos produtos químicos liberados ao meio ambiente, principalmente arsênico, dicromato de sódio e fluoreto de hidrogênio que são causados em sua maioria pela produção de eletricidade por fontes fósseis. A inalação desses agentes afeta a saúde humana, podendo ocasionar câncer e doenças respiratórias.

A toxicidade ambiental é dividida em três categorias de impacto: ecotoxicidade terrestre, ecotoxicidade marinha e ecotoxicidade de água doce. Essa categoria examina os efeitos de produtos químicos em um ecossistema, esses impactos podem levar a danos de qualidade do ecossistema, ocasionando perda de biodiversidade e extinção de espécies (ACERO et al., 2015). Os resultados para as quatro categorias de impacto citadas são ilustrados na Figura 4.

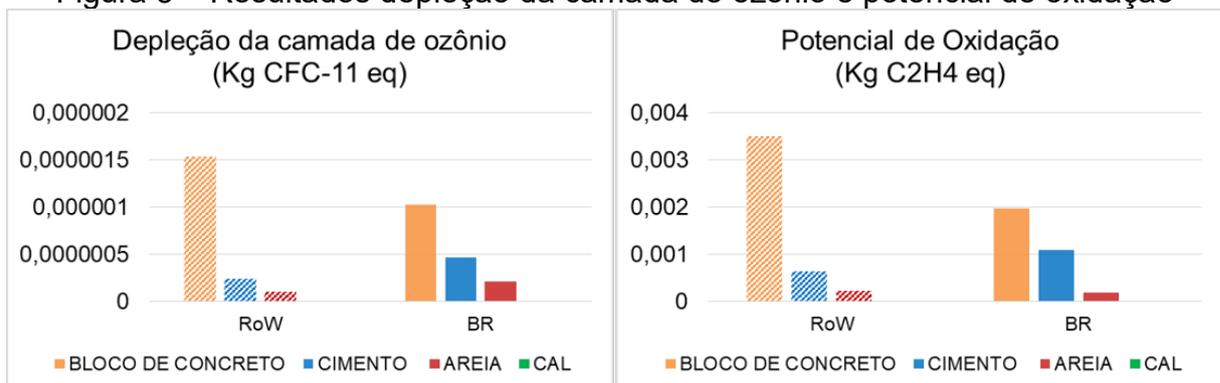
Figura 4 – Resultados toxicidade humana e ecotoxicidade



Fonte: Os autores (2020).

Pode-se observar que, como nas categorias anteriores, apenas os resultados correspondentes aos blocos de concreto apresentaram diferenças consideráveis entre os dados selecionados (RoW e BR). Nessa categoria, foram encontradas as maiores contrastes entre os impactos dos blocos de concreto com dados RoW e do mesmo elemento com dados BR, onde, os primeiros apresentaram os maiores resultados. A categoria de Potencial de Depleção da Camada de Ozônio indica a diminuição da camada de ozônio, causada pela emissão de gases químicos. Essa camada permite a proteção a radiação ultravioleta solar, sua diminuição acarreta efeitos na saúde humana e na biosfera (WMO, 2011). A Oxidação se relaciona a poluição atmosférica, depende principalmente da quantidade de dióxido de carbono (CO₂), dióxido de enxofre (SO₂), óxido de nitrogênio (NO), emitidos. Os impactos estão ligados a saúde humana e qualidade do ecossistema (ACERO et al., 2015). Nas duas categorias os impactos foram maiores nos blocos de concreto Figura 5.

Figura 5 – Resultados depleção da camada de ozônio e potencial de oxidação



Fonte: Os autores (2020)

Observando a Figura 5, pode-se perceber que, para depleção da camada de ozônio e potencial de oxidação, os impactos embutidos no cimento e areia foram maiores utilizando dados nacionais. Porém, os blocos de concreto continuaram apresentando os maiores impactos na ACV utilizando dados RoW.

O Quadro 3 apresenta o somatório total dos impactos para as sete categorias de impacto selecionados, definindo os impactos para 1m² de alvenaria de vedação, tanto para dados RoW e BR. Por se tratar de um estudo genérico, e que considerou distâncias médias para o transporte por meio dos dados de processo *market*, os resultados podem obter alterações quando comparados a avaliações que calcularam o transporte como um processo separado da produção dos materiais

Quadro 3 – Quantitativo total de impactos para o sistema

| Impacto | Unidade Referência | Resultado RoW | Resultado BR | Diferença RoW- BR |
|--|-------------------------------------|----------------------|---------------------|--------------------------|
| Depleção de recursos abióticos fósseis | MJ | 234,35984 | 143,9276659 | 90,4321741 |
| Acidificação | Kg SO ₂ eq | 0,1016925 | 0,070624245 | 0,031068255 |
| Eutrofização | Kg PO ₄ eq | 0,0357149 | 0,016816155 | 0,018898745 |
| Potencial de aquecimento global | Kg CO ₂ eq. | 33,467497 | 21,02422228 | 12,44327472 |
| Toxicidade humana | Kg 1,4-DB eq | 18,498342 | 3,986128384 | 14,51221362 |
| Ecotoxicidade Terrestre | Kg 1,4-DB eq. | 0,2632682 | 0,016095872 | 0,247172328 |
| Ecotoxicidade Marinha | Kg 1,4-DB eq. | 19939,070 | 3860,932085 | 16078,13792 |
| Ecotoxicidade Aquática (Água doce) | Kg 1,4-DB eq. | 11,602018 | 1,682154713 | 9,919863287 |
| Depleção da camada de ozônio | Kg CFC-11 eq | 1,88786E-06 | 1,71366E-06 | 1,74E-07 |
| Potencial de oxidação | Kg C ₂ H ₄ eq | 0,0043793 | 0,003259372 | 0,001119928 |

Fonte: Os autores (2020).

Comparando os resultados para dados BR e dados RoW, percebe-se que os dados RoW apresentaram valores maiores referentes aos impactos analisados. Isso se explica principalmente pela matriz energética utilizada no Brasil produzir menos

emissões atmosféricas do que as utilizadas em outros países, pois a maior parte da eletricidade gerada no Brasil provém de hidrelétricas.

Outro ponto importante é que, apesar da diferença dos resultados entre os dois tipos de dados, ambos apresentaram tendências similares, onde o bloco de concreto apresentou as maiores contribuições de impactos para o sistema analisado.

4 CONCLUSÕES

As novas tecnologias aplicadas no setor da construção civil, como é o caso da ACV, podem contribuir para transformar o ambiente construído e diminuir o impacto desse setor ao meio ambiente. Com a utilização do ACV, neste estudo foi possível identificar os elementos que mais contribuíram com os impactos ambientais no sistema construtivo de alvenaria de vedação com blocos de concreto. Concluiu-se que, para a construção de 1m² de alvenaria, utilizando dados BR, os blocos de concreto apresentaram as maiores contribuições, muito pela sua grande participação em massa (kg) para o sistema e também devido aos grandes impactos gerados na cadeia produtiva do cimento.

O levantamento do inventário foi realizado utilizando dados secundários encontrados na base de dados *Ecoinvent*. Foram utilizados dados disponíveis para o contexto brasileiro e dados RoW. A utilização de dados nacionais diminui as incertezas geradas devido às extrapolações geográficas no inventário. Comparando dados RoW e dados brasileiros pôde-se perceber que ambos seguem as mesmas tendências. Porém, de forma geral, a avaliação com dados RoW apresentou maiores impactos ambientais comparando com os resultados quando utilizados dados nacionais. Entre os elementos analisados o componente que apresentou as maiores diferenças foi o bloco de concreto.

Por fim, conclui-se que o estudo pode contribuir para a identificação dos impactos dos diferentes componentes do sistema construtivo analisado e dessa forma contribuir na possível substituição de materiais que apresentam grandes impactos ambientais por outros menos impactantes. Pôde-se compreender também a importância em utilizar dados adaptados para um estudo mais detalhado. Para estudos futuros, sugere-se aprofundar as análises sobre as diferenças entre dados, utilizando outras bases de dados além da *Ecoinvent*, abranger maior diversidade de materiais de construção e também incorporar na avaliação outras etapas do ciclo de vida de produtos.

Agradecimentos

Este artigo teve o apoio concedido pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES para sua apresentação no XIV MIC IMED (Passo Fundo, 2020).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACERO, A.P et al. **Impact assessment methods in Life Cycle Assessment and their impact categories**. Greendelta. 2015.

AGOPYAN, V.; JONH, V. M. O Desafio da Sustentabilidade na Construção Civil. Série Sustentabilidade, Vol. 5. São Paulo: Ed. Blucher. 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14040**: Gestão Ambiental – Avaliação do Ciclo de Vida – Princípios e estrutura. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14044**: Gestão Ambiental – Avaliação do Ciclo de Vida – Requisitos e orientações. Rio de Janeiro, 2009.

CASTRO, A.L et al. Análise da viabilidade técnica da adaptação de dados internacionais de inventário de ciclo de vida para o contexto brasileiro: um estudo de caso do concreto para paredes moldadas no local. **Anais**. Bonito, MS: IBRACON, 2015.

CNI - CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE INDÚSTRIAS. **Construção Sustentável: A mudança em curso**. Brasília: CNI, 2017

ECOINVENT. **Glossary of Ecoinvent Terminology**. Disponível em: < <https://www.ecoinvent.org/support/glossary/glossary.html>>. Acesso em: 20 maio 2020.

IBICT. INSTITUTO BRASILEIRO DE INFORMAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA. **O que é Avaliação do Ciclo de Vida**. Brasília, 2015

MORALES, M et al. Regionalized inventory data in LCA of public housing: a comparison between two conventional typologies in southern Brazil. **Journal Of Cleaner Production**, v. 238, p. 117869, nov. 2019. Elsevier BV.

OPENLCA. Disponível em: <<http://www.openlca.org>>. Acesso em: 10 maio 2020.

PEDROSO, Gilson Marafiga. **Avaliação do Ciclo de Vida Energético (ACVE) de sistemas de vedação de habitações**. 226 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

PASSUELLO, A.C.B et al. Aplicação da Avaliação do Ciclo de Vida na análise de impactos ambientais de materiais de construção inovadores: estudo de caso da pegada de carbono de clínqueres alternativos. **Ambiente Construído**, v. 14, n. 4, p.7-20, dez. 2014.

SAADE, M. R. M. et al. Material eco-efficiency indicators for Brazilian buildings. **Smart And Sustainable Built Environment**, v. 3, n. 1, p.54-71, maio. 2014.

SILVA, G. A et al. Avaliação do ciclo de vida: ontologia terminológica. **Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia - Ibict**, Brasília: 2015.

SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil), 2019. **Caixa Econômica Federal**, 2019. Disponível em: <http://www.caixa.gov.br/poder-publico/apoio-poder-publico/sinapi/Paginas/default.aspx>. Acesso em: 19 Nov. 2019

TAVARES, S. F. **Metodologia de análise do ciclo de vida energético de edificações residências brasileiras**. 2006. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.