



Futuro da Tecnologia do Ambiente Construído e os Desafios Globais

Porto Alegre, 4 a 6 de novembro de 2020

IMPACTOS AMBIENTAIS DO CICLO DE VIDA DE UM SISTEMA DE VEDAÇÃO VERTICAL COM BLOCOS DE CONCRETO¹

DI-DOMÊNICO, Marianne (1); SILVA, Thaísa Leal da (2); RIBEIRO, Lauro André (3)

- (1)** Mestranda do Programa de Pós-graduação Stricto Sensu em Arquitetura e Urbanismo (PPGARQ) - Faculdade Meridional - IMED, mariannedidomenico@gmail.com
- (2)** Docente do Programa de Pós-graduação Stricto Sensu em Arquitetura e Urbanismo (PPGARQ) - Faculdade Meridional – IMED, thaisa.silva@imed.edu.br
- (3)** Docente do Programa de Pós-graduação Stricto Sensu em Arquitetura e Urbanismo (PPGARQ) - Faculdade Meridional – IMED, lauro.ribeiro@imed.edu.br

RESUMO

O setor da construção civil encontra-se em constante evolução. Suas atividades demandam uso de diferentes processos para transformação de matérias primas e fabricação dos produtos utilizados na construção. Dessa forma, esse setor possui expressiva representatividade nos impactos ambientais gerados ao meio ambiente. O presente artigo possui o objetivo de identificar e quantificar os impactos de um sistema de alvenaria com blocos de concreto por meio da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) e apontar os componentes mais impactantes ambientalmente para esse sistema. A metodologia para aplicação da ACV seguiu as orientações das normas NBR ISO 14040 e da NBR ISO 14044. Foram utilizados dados de inventário da Ecoinvent 3.6 para a realidade brasileira e a avaliação de impacto foi realizada no software OpenLCA 1.9 fazendo o uso do método de impacto EN 15804:2012 com baseline CML. Os resultados apresentaram que, para a construção de 1m² de alvenaria, os maiores resultados se originaram dos blocos de concreto analisados. (Mestrado. Estágio: Meio)

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

ABSTRACT

The civil construction sector is constantly evolving, its activities require the use of different processes for the transformation of raw materials and the manufacture of products used in construction. Thus, this sector has a significant representativeness in the environmental impacts generated on the environment. This article aims to identify and quantify the impacts of a masonry system with concrete blocks through Life Cycle Assessment and to point out the components with the most expressive results for that system. The methodology for applying the LCA followed the guidelines of the NBR ISO 14040 (ABNT, 2009) and NBR ISO 14044 (ABNT, 2009). Inventory data from Ecoinvent 3.6 was use for the Brazilian reality and the impact assessment was carried out in the OpenLCA 1.9 software using the impact method EN 15804: 2012 with

¹ DI-DOMÊNICO, Marianne; SILVA, Thaísa Leal da; RIBEIRO, Lauro André. Impactos Ambientais do Ciclo de Vida de um Sistema de Vedação Vertical com Blocos de Concreto. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 18, 2020, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2020.

CML baseline. The results showed that, for the construction of 1m² of masonry, the greatest results came from the analyzed concrete blocks.

Keywords: Life Cycle Assessment. Environmental Impact. Vertical Fence. Masonry. Concrete blocks.

1 INTRODUÇÃO

A constante renovação do ambiente construído e necessidade de novas edificações avança o crescimento no setor da construção civil e dessa forma, torna-se evidente a importância da indústria da construção civil para a produção e manutenção dos espaços. 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. O setor é conhecido também pela grande contribuição para os impactos ambientais gerados, destacando-se as emissões globais de gases de efeito estufa, o consumo de recursos naturais, o consumo de energia e a geração de resíduos (CNI, 2017).

Logo, torna-se relevante analisar os produtos disponíveis no mercado para contribuir na concepção de materiais com menores índices de impactos ambientais colaborando com o desenvolvimento sustentável. Segundo Agopyan e John (2011), os sistemas construtivos e seus componentes podem influenciar de forma positiva ou negativa nos impactos totais gerados por uma edificação. Em relação aos sistemas construtivos, a alvenaria de vedação apresenta grande potencial de impactos, uma vez que apresenta massa total expressiva em uma edificação (Sposto e Paulsen, 2014; Caldas et al., 2017).

Nesse contexto, a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) torna-se uma ferramenta poderosa para a tomada de decisões com o intuito de promover reduções de impactos de forma concreta e produção mais sustentável (IBICT, 2014). Dessa forma, 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 mais impactantes ambientalmente contribuindo assim para o desenvolvimento de estudos que possam mitigar tais impactos nesses materiais.

2 AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA

Reconhecida como ferramenta essencial para a identificação de impactos ambientais de determinado produto ou serviço, a ACV permite a identificação de prováveis impactos em todos os processos de um produto ou serviço. Nesse segmento, a ferramenta pode evitar que algumas alternativas propostas para solução de problemas ambientais possam criar novos problemas e impedir uma produção mais sustentável (IBICT, 2014).

Dessa forma, é definida como uma ferramenta que quantifica os impactos ambientais em todo o ciclo de vida de um produto ou serviço, identificando os impactos da extração e transformação da matéria prima, fabricação dos produtos, uso e descarte final ou reciclagem (ABNT, 2009). De acordo com a NBR ISO 14.040, 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 da ACV é considerada a etapa mais importante para o desenvolvimento do estudo. O sistema de produto analisado, a unidade funcional,

a metodologia de avaliação de impacto, os tipos de impactos ambientais levados em consideração no estudo e as limitações da pesquisa são definidos nessa etapa (SILVA et al., 2015). A fase de análise do inventário compreende a quantificação de entradas e saídas dos produtos estudados, ou seja, o inventário é uma lista dos fluxos do produto. A etapa 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 interpretação dos resultados compreende a identificação e análise dos resultados significativos encontrados nas fases anteriores (ABNT, 2009).

Na construção civil, o uso da ACV é recente, sua aplicação nesse setor é internacionalmente conhecida e possibilita diversos estudos, como avaliação dos impactos ambientais de materiais de construção ou edificações completas, estudos pós-operacionais e pesquisas referentes ao consumo energético de materiais e edificações, entre as tantas possibilidades que a ACV permite.

Na literatura nacional foram encontrados alguns estudos que aplicam a ACV em sistemas de alvenaria compostos por blocos de concreto, podendo citar Oliveira et al. (2016) que realizaram a ACV simplificada ou modular, onde foram estimadas as emissões de CO₂ e a demanda de energia no ciclo de vida de blocos de concreto de diferentes fabricantes no Brasil. O principal resultado encontrado pelos autores definiu que o consumo de cimento tem grande participação nos impactos ambientais dos produtos analisados. Outro estudo relevante foi desenvolvido por Souza et al. (2016), nesse caso, foi realizada avaliação comparativa do ciclo de vida de paredes de tijolos cerâmicos, de concreto e de concreto armado fundido no local. Os autores concluíram que produtos cerâmicos possuem impactos menores quando comparados aos mesmos elementos de concreto.

3 METODOLOGIA

Para se chegar ao objetivo proposto, foi realizado a Avaliação do Ciclo de Vida de um sistema construtivo de alvenaria de vedação composto por blocos de concreto, com a finalidade de quantificar impactos ambientais presentes em seus processos. Para este artigo se adotou um estudo genérico, levando em consideração traços e composições usuais em habitações e que são especificadas pela SINAPI.

O método para aplicação da ACV seguiu as orientações das normas NBR ISO 14040 (ABNT, 2009) e da NBR ISO 14044 (ABNT, 2009). 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 cerâmicos. Nesse estudo, foi utilizado a unidade declarada, de acordo com a EN 15804:2012 (CEN,2012). Esta unidade é utilizada para definir a quantidade de um produto de construção em um estudo de ACV. O escopo adotado é definido como “do berço ao portão”, ou seja, atende as etapas de extração da matéria prima, transporte da matéria-prima, produção dos materiais e transporte até o canteiro de obras.

O sistema construtivo estudado é composto por blocos de concreto de vedação assentados com argamassa, cal e areia, e revestidos na face interna e externa, com chapisco com espessura de 5 milímetros e emboço com espessura de 15 milímetros, como especificado na Tabela 1. Para o bloco cerâmico foi adotado índice de perdas de 4%, como indicado no estudo da ANICER (SOUZA, et al., 2016). Já para os sistemas de argamassa (assentamento, chapisco e emboço) foi estabelecido 10% de perdas durante sua execução (CALDAS E FILHO, 2019; SINAPI, 2019).

Tabela 1 – Inventário do sistema avaliado

Dados	Materiais	Quantidade	Datasets (Ecoinvent)
Blocos de concreto	Blocos de concreto nas dimensões 14cmx19cmx39xm	156 kg	Market for concrete block (BR)
Juntas de assentamento de 1cm de argamassa no traço 1:2:8	Cimento Portland	1,75 kg	Market for cement, Portland (BR)
	Cal	1,5 kg	Market for lime (RoW)
	Areia	20 kg	Market for sand (BR)
Chapisco no traço 1:3	Eletricidade para mistura da massa	10,2 kWh ²	Market for Electricity, high voltage (BR)
	Cimento Portland	3,3 kg	Market for cement, Portland (BR)
	Areia	14 kg	Market for sand (BR)
Emboço no traço 1:7	Eletricidade para mistura da massa	9,6 kWh ¹	Market for Electricity, high voltage (BR)
	Cimento Portland	5 kg	Market for cement, Portland (BR)
	Areia	42 kg	Market for sand (BR)
	Eletricidade para mistura da massa	9,6 kWh ¹	Market for Electricity, high voltage (BR)

Fonte: Os autores.

O levantamento do inventário foi realizado utilizando dados secundários disponíveis na base de dados Ecoinvent versão 3.6, modelo de sistema cut-off e processos de mercado (Market). Dados do tipo Market representam dados referentes às atividades de transformação do produto acrescidas do transporte dos materiais até o consumidor. Os dados inseridos foram desenvolvidos levando em consideração o contexto brasileiro, diminuindo assim as incertezas relacionadas aos dados de geografias distintas.

Para a Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida foi utilizado o software OpenLCA 1.9. As categorias de impacto avaliadas estão presentes no método de impacto EN 15804:2012 com baseline CML. Sendo elas: Potencial de depleção de recursos de origem não fóssil (ADPE), Potencial de depleção de recursos abióticos de origem fóssil (ADPF), Potencial de acidificação do solo e da água (AP), Potencial de eutrofização (EP), Potencial de aquecimento global (GWP), Potencial de depleção da camada de ozônio (ODP) e Potencial de formação do ozônio troposférico (POCP). Esse método contém indicadores a serem usados na descrição dos impactos ambientais de produtos da construção civil de acordo com a norma EN 15804:2012.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir do levantamento do inventário realizado na Ecoinvent pôde-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. Com a ACV, buscou-se indicar a participação de cada elemento estudado para as oito categorias de impactos selecionadas para o estudo.

Essas categorias de impacto são resultados da ACV com o uso do método de

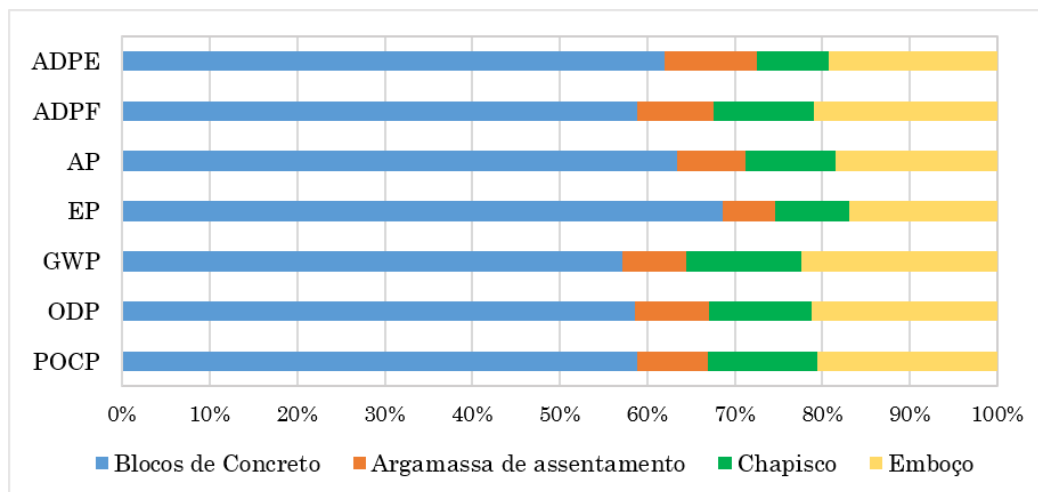
² De acordo com levantamento de Caldas e Filho (2019).

impacto EN 15804:2012. Em relação às particularidades de cada categoria de impacto, o potencial de depleção de recursos abióticos, segundo Acero et al. (2015) 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 disponíveis. Por sua vez, o Potencial de Acidificação do Solo e da Água ocorre devido a emissão de poluentes ácidos, na forma de chuva ácida afetam o solo e a água, flora, fauna, além de afetar edifícios (MORAGA, 2017). O Potencial de Eutrofização (EP) é o impacto responsável pela excessiva nutrição de ecossistemas com nitrogênio e fosforo, provocando desequilíbrio marinho (ILCD, 2011).

Considerado um dos principais impactos em relação a construção civil, o Potencial de Aquecimento Global (GWP), indicada as emissões poluentes que potencializam o aquecimento global (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2015). O GWP está relacionado aos processos industriais, que são responsáveis por grande parte das emissões de dióxido de carbono. O Potencial de Depleção da Camada de Ozônio (ODP) indica a diminuição da camada de ozônio, causado pela emissão de gases químicos, tornando-a mais fraca e permitindo que a radiação solar prejudicial afete os seres vivos (WMO, 2011). O potencial de formação do ozônio troposférico (POCP) ocorre quando óxidos de nitrogênio (NOx), monóxido de carbono (CO) e outros compostos reagem na atmosfera e são capazes de originar ozônio, afetando a saúde humana (CCAC, 2020).

Os elementos foram avaliados com as quantidades referentes para a construção 1m² de alvenaria de vedação. Os impactos ambientais incorporados nos componentes da alvenaria de vedação estudado estão representados na Figura 1.

Figura 1 – Resultado da avaliação de impactos para 1m² de alvenaria



Fonte: Os autores.

Para a Cal presente na composição da argamassa de assentamento, não foram encontrados dados do inventário brasileiro disponíveis na Ecoinvent. De acordo com Moraga (2017), no Brasil a produção de cal apresenta diferenças em relação à de outros países, como o uso e a calcinação do calcário com biomassa. Porém, como nesse estudo a cal apresenta pouca representatividade na massa total dos componentes, foi utilizada com geografia do tipo RoW (Rest of the World).

Como representado na Figura 1, os blocos de concreto obtiveram os maiores impactos, os resultados demonstraram que esse elemento possui mais de 50% de participação nos impactos totais em todas as categorias analisadas. A grande

quantidade de cimento torna-se um dos principais fatores responsáveis pela grande participação nos impactos uma vez que, segundo Souza, et al. (2016), esse insumo está presente em 20% da mistura para a produção dos blocos. Os principais impactos relacionados ao cimento referem-se aos processos de clínquerização que exigem períodos intensos de combustão, e dessa forma requer maior consumo de combustíveis fósseis (OLIVEIRA, et al., 2016). Outro fator que também demonstrou influenciar nos resultados encontrados foi a participação na massa total do sistema pois, para 1m² de alvenaria é necessário o uso de 13 blocos de concreto, que resultam em 156 kg de massa. Em relação aos outros elementos do sistema é o componente que possui a maior massa total deste sistema.

O segundo elemento com os maiores percentuais de impactos foi a argamassa para emboço, representando até 25% dos impactos totais. Porém, cabe salientar que a diferença entre os elementos de argamassa possuem distinções apenas quantitativas e de quantidade de cimento em cada uma, uma vez que os inputs usados para o cálculo foram os mesmos.

Quando analisadas as entradas e processos dos sistemas, constou-se que o cimento apresentou os maiores resultados em todos os elementos do estudo. Na categoria GWP, pode-se identificar os maiores contrastes, principalmente nos sistemas de argamassa, onde, para a argamassa de assentamento, os impactos relacionados ao cimento, chapisco e emboço resultaram em 1,62 kg CO₂ eq, 3,06 kg CO₂ eq e em 4,64 kg CO₂ eq respectivamente. Em todos estes sistemas, o cimento representou mais de 80% dos impactos totais, confirmando o que o estudo de Oliveira, et al. (2016) afirmou que quanto maior o consumo de cimento na edificação maiores serão os impactos ambientais.

O Quadro 1 apresenta o resumo dos resultados finais dos impactos incorporados nas etapas de extração da matéria prima, produção dos materiais, transporte e desperdício dos componentes de 1m² da alvenaria de vedação estudada: blocos de concreto (A), argamassa de assentamento (B), chapisco (C) e emboço (D).

Quadro 1 – Resultados de Potencial de Impacto para 1m² de alvenaria

Impacto	Unidade	A	B	C	D	TOTAL
ADPE	Kg Sb eq.	2,037E-07	3,482E-08	2,720E-08	6,323E-08	3,290E-07
ADPF	MJ	8,739E+01	1,296E+01	1,711E+01	3,110E+01	148,568
AP	Kg SO ₂ eq.	4,581E-02	5,612E-03	7,471E-03	1,338E-02	0,072
EP	Kg (PO ₄) ₃₋ eq.	1,127E-02	9,883E-04	1,390E-03	2,792E-03	0,016
GWP	Kg CO ₂ eq.	1,264E+01	1,622E+00	2,905E+00	4,966E+00	22,130
ODP	Kg CFC 11 eq.	1,029E-06	1,503E-07	2,054E-07	3,727E-07	1,71E-06
POCP	Kg C ₂ H ₄ eq.	1,966E-03	2,707E-04	4,158E-04	6,878E-04	0,003

Fonte: Os autores.

Estudos utilizando dados secundários, mesmo referentes ao contexto nacional, podem apresentar incertezas, neste estudo foram consideradas distâncias médias para o transporte por meio dos dados de processo market, dessa forma os resultados podem sofrer alterações quando comparados a avaliações que calcularam o transporte como um processo à parte da produção dos materiais. A limitação de dados também podem alterar os resultados, visto que, no presente estudo, para a cal foi utilizado dataset com geográfica RoW, ou seja, com dados estimativos para diferentes partes do mundo. As incertezas geradas também referem-se aos índices de perdas dos elementos, uma vez que esses podem alterar os resultados

encontrados e tais perdas variam de acordo com a técnica utilizada para a mistura da argamassa em obra e sua aplicação.

5 CONCLUSÕES

Diante das constantes discussões relacionadas ao desenvolvimento sustentável na construção civil e aos impactos ambientais dos processos de fabricação dos materiais de construção, este artigo teve como objetivo quantificar e comparar, por meio da Avaliação do Ciclo de Vida, os impactos ambientais de um sistema de vedação vertical com blocos de concreto. Para tanto, foram realizadas simulações levando em consideração 1m² de alvenaria construída.

Conclui-se que, de forma geral, em todas as categorias de impacto o bloco de concreto apresentou os maiores resultados, atingindo mais de 50% de participação nos impactos totais. Os fatores encontrados que justificam essa grande participação foram a significativa participação de cimento em sua composição e a massa total expressiva em relação aos outros elementos analisados.

Constata-se então, a importância da definição e escolha dos sistemas construtivos e materiais para a edificação, uma vez que os elementos podem contribuir para diminuir ou alavancar os impactos gerados em todo o ciclo de vida de uma edificação. Com tais informações, os resultados obtidos em estudo de ACV permitem que projetistas, arquitetos e engenheiros, possam pensar em edificações futuras com menos impactos já que terão informações suficientes sobre os impactos de cada elemento da construção.

Nesse contexto, este estudo contribui para a identificação dos impactos no sistema construtivo analisado e dessa forma poderá auxiliar o processo de projeto no que diz respeito à escolha dos materiais construtivos visando a mitigação de impactos ambientais e subsidiar elementos para a formulação de diretrizes que possibilitem a mitigação dos impactos ambientais no setor da construção civil. Além de contribuir para a disseminação de estudos sobre os impactos no ciclo de vida de elementos amplamente utilizados em edificações e auxiliar em novas pesquisas.

Como estudos futuros sugere-se a avaliação de outros sistemas, aumentar o escopo aqui proposto analisando etapas de manutenção e etapas finais do ciclo de vida, além de aprofundar as análises referentes às incertezas apontadas neste estudo.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e da Fundação Meridional (IMED).

REFERÊNCIAS

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 ISO 14040: Gestão Ambiental – Avaliação do Ciclo de Vida – Princípios e estrutura**. Rio de Janeiro, 2009.

_____. **NBR ISO 14044: Gestão Ambiental – Avaliação do Ciclo de Vida – Requisitos e orientações**. Rio de Janeiro, 2009.

CALDAS L. R.; FILHO T. R. D. **Avaliação do Ciclo de Vida de materiais cimentícios utilizados no Brasil: estudo para o bloco de concreto e diferentes argamassas.** LALCA: Revista Latino-Americana Em Avaliação Do Ciclo De Vida, v. 2(2), p 34-61, 2019

CALDAS, L. R.; LIRA, J. S. de M. M.; MELO, P. C. de; SPOSTO, R. M. **Inventário de emissões de carbono no ciclo de vida de habitações de alvenaria e light steel framing em Brasília: propostas de diretrizes de projeto para habitações de interesse social de baixo carbono.** Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 17, n. 3, p. 71-85, 2017.

CCAC - Climate & Clean Air Coalition. **Tropospheric ozone.** 2020. Disponível em: <<http://ccacoalition.org>>. Acesso em: 27 mai 2020.

CEN - EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. EN 15.804:2012- Sustainabilityofconstructionworks - **Environmental productdeclarations - Core rules for theproductcategoryofconstructionproducts.** Luxemburg: Publications Office oftheEuropean Union, 2012.

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

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

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

IBICT. INSTITUTO BRASILEIRO DE INFORMAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA. **Manual do Sistema ILCD. Sistema Internacional de Referência de Dados do Ciclo de Vida de Processos e Produtos.** Brasília, 2014.

ILCD - INSTITUTE FOR ENVIRONMENT AND SUSTAINABILITY - EUROPEAN COMMISSION JOINT RESEARCH CENTRE. **International Reference Life Cycle Data System (ILCD)**

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Política Nacional sobre Mudança do Clima.** Disponível em: <<https://www.mma.gov.br/clima/politica-nacional-sobre-mudanca-do-clima.html>>. Acesso em: 19 out 2019.

MORAGA, G. L. **Avaliação do ciclo de vida e simulação termo energética em unidade habitacional unifamiliar do Programa Minha Casa Minha Vida.** 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017.

OLIVEIRA, L. S; PACCA, S. A; JOHN, V. M. **Variability in the life cycle of concrete block CO2 emissions and cumulative energy demand in the Brazilian Market.** Construction And Building Materials, v. 114, p. 588-594, 2016.

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

SILVA, G. A., BRÄSHER, M; LIMA. J.A.O; LAMB, C.R. **Avaliação do ciclo de vida: ontologia terminológica.** Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia - Ibict, Brasília: 2015.

SOUZA, D.M; LAFONTAINE, M; CHARRON-DOUCET, F; CHAPPERT, B; KICAK, K; DUARTE, F; LIMA, L. **Comparative life cycle assessment of ceramic brick, concrete brick and cast-in-place reinforced concrete exterior walls.** Journal Of Cleaner Production, v. 137, p. 70-82, 2016.

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.

WBCS. **World Business Council for Sustainable Development.** Disponível em: <<https://www.wbcds.org/>>. Acesso em: 10 mai 2020.