



ADOÇÃO DA ACV PARA QUANTIFICAR AS EMISSÕES DE CO₂ DEVIDO A UTILIZAÇÃO DE DIFERENTES TIPOS DE ARGAMASSAS

**FARIA, Filipe Soares (1); REALES, Oscar Aurelio Mendoza (2); TOLEDO FILHO,
Romildo Dias (3)**

(1) Universidade Federal do Rio de Janeiro, filipe.faria@coc.ufrj.br

(2) Universidade Federal do Rio de Janeiro, oscar@coc.ufrj.br

(3) Universidade Federal do Rio de Janeiro, toledo@coc.ufrj.br

RESUMO

A redução das emissões de CO₂ nas construções e reformas ocorre através da redução das emissões individuais de cada material e processo utilizado. Nesse trabalho foi abordada a redução nas emissões provenientes da utilização de argamassa para o revestimento interno da edificação, sendo essas emissões quantificadas a partir da Análise do Ciclo de Vida de cada material, visando estabelecer a melhor opção para mitigar o impacto ambiental. A argamassa dosada em obra é uma grande fonte de emissões de CO₂ devido à utilização de cimento e cal em sua composição. Como estratégia para a redução do impacto ambiental causado por esses materiais, pode adotar a mudança do processo produtivo. Nesse artigo, foi feita a comparação entre três formas de produção de argamassas, a argamassa dosada em obra, a argamassa industrializada e a argamassa estabilizada, para verificar qual método produtivo apresenta menor emissão de CO₂. A mudança no método produtivo de argamassa dosada em obra para argamassa industrializada apresenta uma redução de 4,09% nas emissões, enquanto a substituição da argamassa dosada em obra para argamassa estabilizada reduz em 48,42%.

Palavras-chave: Argamassa, Argamassa Estabilizada, Análise de Ciclo de Vida.

ABSTRACT

Reducing the CO₂ emissions on new constructions and renovations occurs due the individual emissions reduction in each material and process used. This paper address the reduction in the emissions caused by mortar for building internal lining. These quantifications were made from the Life Cycle Analysis of each material, setting the best option to mitigate the environmental impact. A mortar dosed on site is a great source of CO₂ use due to the use of cement and lime in its composition. The reduction of the environmental impact caused by these materials can occur by changing the production process. In this article, was made a comparison between three forms of mortar production, the dosed mortar on site, the industrialized mortar and the stabilized mortar, to verify which methodology has the lowest CO₂ emission). The change in the production method from on-site mortar to industrialized mortar has a 4.09% reduction in emissions, while the replacement of on-site mortar to stabilized mortar reduces by 48.42%.

Keywords: Mortar, Stabilized Mortar, Life Cycle Analysis.

1 INTRODUÇÃO

Anualmente, as construções brasileiras consome 1,6 mil toneladas de cimento para a produção de argamassas (SNIC, 2018), considerando que para a produção de 1 m³ de argamassa utiliza-se de 150 a 800 kg de cimento, todo esse consumo de cimento gera um grande impacto

ambiental devido à quantidade de CO₂ emitida no processo de fabricação do cimento, que corresponde à 2,02 GtCO₂ em 2016 (GLOBAL CARBON PROJECT, 2017).

A redução das emissões pode ser alcançada através do aumento da eficiência energética, troca de combustíveis dos fornos, coleta de CO₂ e aumento da eficiência do material. A eficiência energética pode ser atingida através da utilização de fornos novos que consomem menos energia, resultando assim em uma redução de 16% desde 1990, estudos apontam que ainda existem muitas opções para a melhoria da eficiência energética (IPCC, 2014). Além das emissões de CO₂ para a produção dos componentes das argamassas, outros impactos ambientais são gerados como, por exemplo, a produção de resíduos, exploração de recursos naturais e consumo energético para a produção das massas. A otimização do processo produtivo do material é uma alternativa possível para a redução desses impactos, sendo possível a substituição das argamassas dosadas em obra por argamassas industrializadas ensacadas ou argamassas estabilizadas dosadas em central.

Sendo assim, o presente trabalho propõe estabelecer estratégias para mitigar o impacto ambiental de argamassas a base de cimento Portland através da mudança no processo produtivo dos três tipos de argamassas.

1.1 Análise de Ciclo de Vida (ACV)

A análise do ciclo de vida (ACV) é uma ferramenta desenvolvida para avaliar as consequências ambientais e à saúde humana associada a um produto, serviço, processo ou material ao longo de seu ciclo de vida (MILLER, 2015). Os primeiros estudos de ciclo de vida foram motivados pela preocupação da escassez de recursos e energia no final da década de 1960, sendo a primeira metodologia originada com o objetivo de conduzir um estudo custeado pela Coca-Cola, em 1969, para comparar três diferentes tipos de embalagens de refrigerante (SILVA, L. C., 2015).

Na indústria da construção civil, a ACV auxilia o planejamento de construções sustentáveis ao permitir que os custos ambientais, econômicos e sociais associados às escolhas de materiais e processos construtivos sejam quantificados, assim, pode-se considerar a ACV como uma das melhores ferramentas para realizar essa quantificação (JOHN; OLIVEIRA; LIMA, 2007; MILLER, 2015).

No cenário brasileiro, ainda são poucas as informações sobre a ACV das argamassas comercializadas. No banco de dados online *The International EPD System*, que é um programa global para disponibilização de Declarações de Impacto ambiental, a única argamassa industrializada para revestimentos que tem sua declaração disponível é a 2202 MATRIX da Votorantim Cimentos. Por outro lado, em países europeus como a França, a disponibilização dessas informações é mais comum, sendo

possível obter a declaração de produtos de diversos fabricantes (THE INTERNATIONAL EDP SYSTEM, [s.d.]).

2 TIPOS DE ARGAMASSAS

No Brasil, os requisitos para argamassas são estabelecidos pela ABNT NBR 13281, essa norma define que argamassa é uma mistura homogênea de agregados miúdos, aglomerantes inorgânicos e água, podendo ou não conter aditivos, com propriedades de aderência e endurecimento, podendo ser dosada em obra ou ser industrializada (ABNT NBR 13281, 2005).

2.1 Argamassa Dosada em Obra (ADO)

São as argamassas mais tradicionais, seu sistema de fabricação é empírico e resume-se em misturar mecanicamente ou manualmente os constituintes, sendo necessário um controle de uniformidade do produto, que muitas vezes é baseado na experiência do profissional. Para seu preparo são utilizados cimento, cal e areia, esses materiais devem ser armazenados em local protegido de intempéries, sendo assim é necessário reservar e preparar um local no canteiro de obras para esse fim (SZLAK *et al.*, 2002). Seu processo de produção e aplicação gera perdas de 18% (VAHAN *et al.*, 1998).

2.2 Argamassa Industrializada (AI)

São argamassas definidas pela ABNT NBR 13529 como proveniente de processo controlado e dosagem precisa, em instalação industrial (ABNT NBR 13529, 2013), podendo ser comercializada em embalagens de 25 kg, 50 kg ou a granel e preparadas no canteiro utilizando misturadores horizontais ou verticais. Seu processo de produção e aplicação gera perdas de 13% (VAHAN *et al.*, 1998).

2.3 Argamassa Estabilizada (AE)

São argamassas dosadas em central, cujos componentes são misturados e transportados em caminhões betoneira e armazenadas por um período de 36 horas sem que ocorra a perda de suas propriedades. A composição das AEs é semelhante à das ADO, porém sem a adição de cal, e são adicionados dois aditivos químicos: o incorporador de ar (AIA) que substitui a cal para manter a plasticidade da massa e o estabilizador de hidratação (AEH) que retarda a pega e confere uma moderada manutenção no abatimento (ALVES; Ó, 2005; MATOS, 2013). A utilização das AE aumenta a produtividade da obra, ao disponibilizar o material pronto para ser utilizado no início do dia de trabalho e reduzir as perdas de material a 5% devido ao seu maior tempo de utilização; redução de resíduos, ao eliminar a presença das embalagens de cimento e cal nos canteiros de obra; misturas mais homogêneas dos componentes; responsabilidade técnica do fabricante; e redução dos custos de energia

e locação de betoneiras (DUARTE, 2007; MATOS, 2013; PICCHI, 1993; TAVARES, 2008).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Traço das argamassas

A confecção das argamassas utilizou cimento CP V ARI da Lafarge-Holcim, cal hidratada Itaú CH III da Votorantim, areia do Areal Sol Nascente, aditivo estabilizador de hidratação Ecotec Mix da GCP e aditivo incorporador de ar TecNol da GCP. A argamassa industrializada utilizada foi a Votomassa da Votorantim.

O traço adotado para a ADO é comum à construção civil (1:1:6), a conversão desse traço em AE foi feita mantendo a mesma proporção de areia para cimento e adotando os teores mínimos de aditivo indicados pelo fabricante, satisfazendo a manutenção do índice de abatimento e o período de estabilização. O traço da AI baseou-se na informação fornecida pelo fabricante. Considerando as densidades dos materiais informadas pelos fabricantes, são apresentados no Quadro 1 o quantitativo de material em peso necessários para a produção e 1 m³ de cada tipo de argamassa, já considerando as perdas relativas a cada método produtivo.

Quadro 1 – Traço em kg, para a produção de 1 m³ de argamassa

| Equipamento | Cimento | Cal | Areia | Água | AEH | AIA | AI |
|-------------|---------|-----|-------|------|------|-----|------|
| ADO | 177 | 177 | 1064 | 230 | - | - | - |
| AE | 194 | - | 1162 | 252 | 0,24 | 0,1 | - |
| AI | - | - | - | 187 | - | - | 1921 |

3.2 Metodologia para cálculo das emissões de CO₂

As emissões de CO₂ associadas à produção das argamassas foram avaliadas através da ACV, seguindo os preceitos da NBR ISO 14040 (2009), considerando a fronteira do berço ao túmulo e calculadas utilizando as formulações apresentados por Mendoza *et al.* (2016). Como unidade funcional, foi adotado 1 m³ de argamassa. Para o cálculo, as emissões de CO₂ (Equação 1) foram divididas em três componentes: a produção das matérias primas (Equação 2), o transporte da matéria prima (Equações 3 e 4) e a produção das argamassas (Equação 5), e considerados os fatores de emissão apresentados no Quadro 2.

$$CO_{2TOT} = \sum_{i=1}^n (CO_{2PMPi} + CO_{2TMPi}) + CO_{2PPU} \quad (1)$$

Onde,

n = número de matérias primas;

$CO_{2\text{TOT}}$ = total de emissões de CO_2 ($kgCO_2$);

$CO_{2\text{PMP}}$ = Emissões de CO_2 para a produção de matéria prima ($kgCO_2$);

$CO_{2\text{TMP}}$ = Emissões de CO_2 para o transporte de matéria prima ($kgCO_2$);

$CO_{2\text{PPU}}$ = Emissões de CO_2 para a produção da argamassa ($kgCO_2$).

$$CO_{2\text{PMP}} = \sum_{i1}^n EF_i \cdot C_{MP_i} \quad (2)$$

Onde,

EF_i = fator de emissão;

C_{MP} = consumo de cada matéria prima para a produção de 1 m^3 de argamassa.

$$CO_{2\text{TMP}} = \sum_{i1}^n EF_{F_i} \cdot C_{MP_i} \cdot C_{F_i} \quad (3)$$

$$C_F = \sum_{i1}^n C_{FV_i} \cdot N_i \cdot M_{T_i} \cdot \left(\frac{D_{T_i}}{C_{MP_i}} \right) \quad (4)$$

Onde,

C_{FV} = média de consumo de combustível ($l/ton.km$);

N = número de viagens;

M_T = massa total transportada (ton);

D_T = distância de transporte (km);

$$CO_{2\text{PPU}} = EF_i \cdot C_E \quad (5)$$

Onde,

C_E = consumo de energia (kWh).

Quadro 2 – Fator de emissão de CO₂

| Material | Fator de Emissão | Referência |
|------------------|---|----------------------------------|
| Cimento Portland | 670 kg CO ₂ /ton | (FAIRBAIRN et al., 2010) |
| Cal Hidratada | 786 kg CO ₂ /ton | (CUNHA, 2016) |
| Água | 0,09 kg CO ₂ /m ³ | (FILIPPINI; WAISS; FRANCO, 2017) |
| AIA | 0,527 kg CO ₂ /kg | (EFCA, 2015a) |
| AE | 1,31 kg CO ₂ /kg | (EFCA, 2015b) |
| Embalagem | 0,152 kg CO ₂ /unid | (DAHLGREN; STRIPPLE, 2016) |
| Diesel | 3,28 kg CO ₂ /l | (SILVA, B. V. da, 2012) |
| Gasolina | 2,66 kg CO ₂ /l | (SILVA, B. V. da, 2012) |
| Energia Elétrica | 0,2767 kg CO ₂ /kWh | (FAIRBAIRN et al., 2010) |

3.3 Consumo de energia para a produção das argamassas

A ADO e a AI geralmente são misturadas utilizando uma betoneira que utiliza um motor elétrico de 5,5 kW, assim para a produção de 1 m³ são necessários 37,5 minutos, considerando um rendimento mínimo de 85%, o consumo é 4,06 kWh/m³ (GAMA JUNIOR, 2013; INMETRO, 2002). Considerando as perdas das argamassas, a ADO apresenta um consumo de 4,79 kWh/m³ e 4,59 kWh/m³ para a AI. A AE utiliza a mesma estrutura da central de concreto, no Quadro 3 são apresentados os consumos de energia para a produção e mistura desse material.

Quadro 3 – Consumo de energia por m³ de AE

| Equipamento | Energia | Quantidade | Referência |
|--------------------|----------------|-------------------|----------------------------------|
| Central Dosadora | Eletricidade | 4,32 kWh | (MARCEAU; NISBET; VANGEEM, 2007) |
| Caminhão Betoneira | Diesel | 2,49 l | (SANTORO; KRIPKA, 2016) |
| Pá Carregadeira | Diesel | 0,22 l | (SANTORO; KRIPKA, 2016) |
| Carro de Apoio | Gasolina | 0,11 l | (SANTORO; KRIPKA, 2016) |

3.4 Transporte de materiais

A distância de transporte dos materiais, apresentados no Quadro 4, considera uma média de valores que abrange todo o Brasil, considerou-se que os caminhões tem um consumo de diesel de 0,294 km/l (FERRAZ; JOHN; BESSA, 2010).

Quadro 4 – Distância de transporte dos materiais

| Material | Distância (km) | Referência |
|-----------|----------------|--------------------------------------|
| Cimento | 300 | (DNPM, 2009) |
| Cal | 400 | (SILVA, J. O. da, 2009) |
| Embalagem | 300 | (DNPM, 2009) |
| Areia | 100 | (LA SERNA; REZENDE, 2009) |
| AEH | 480 | (FARIA; MENDOZA; TOLEDO FILHO, 2019) |
| AIA | 480 | (FARIA; MENDOZA; TOLEDO FILHO, 2019) |
| Votomassa | 408 | (FARIA; MENDOZA; TOLEDO FILHO, 2019) |
| Cal | 400 | (SILVA, J. O. da, 2009) |
| Embalagem | 300 | (DNPM, 2009) |

4 RESULTADOS

As emissões obtidas para cada argamassa são apresentadas no Quadro 5, para uma melhor didática na apresentação dos resultados, os mesmos serão explicitados nas Figuras 1 e 2.

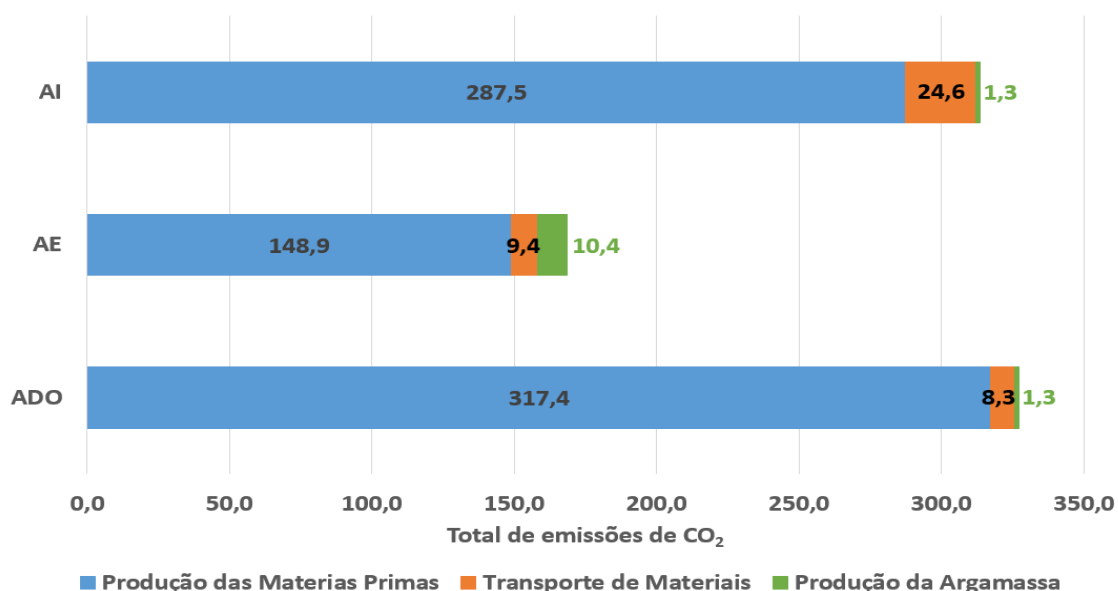
Quadro 5 – Emissões por tipo de argamassa (KgCO₂)

| Etapa/Material | ADO | AE | AI | |
|------------------------------|------------------|--------|--------|--------|
| Produção das Matérias Primas | Cimento Portland | 138,02 | 136,68 | - |
| | Cal Hidratada | 164,27 | - | - |
| | AEH | - | 0,13 | - |
| | AIA | - | 0,14 | - |
| | Embalagem | 3,04 | - | 14,73 |
| | Areia | 12,05 | 11,94 | - |
| | Água | 0,02 | 0,02 | 0,03 |
| | Votomassa | - | - | 272,78 |
| Transporte de Materiais | Cimento Portland | 1,86 | 1,84 | - |
| | Cal Hidratada | 2,52 | - | - |
| | AEH | - | 0,004 | - |

| | | | | |
|-----------------------|----------------------|-------|-------|-------|
| | AIA | - | 3,81 | - |
| | Embalagem | 0,18 | - | 0,88 |
| | Areia | 3,78 | 3,74 | - |
| | Votomassa | - | - | 23,76 |
| Produção da Argamassa | Betoneira/Misturador | 1,33 | 8,16 | 1,27 |
| | Central Dosadora | - | 1,20 | - |
| | Pá Carregadeira | - | 0,72 | - |
| | Carro de Apoio | - | 0,29 | - |
| TOTAL | | 327,1 | 168,7 | 313,5 |

Através da Figura 1 percebe-se que a mudança no método produtivo apresenta redução de emissões de 4,16% para a AI, enquanto para a AE apresenta redução de 48,42% das emissões totais, em relação à ADO. A redução nas AE ocorre principalmente devido à redução das emissões referentes a produção de matérias primas, apesar da AE emitir mais CO₂ durante sua fase de produção, as emissões são compensadas pela baixa emissão na fase de produção e transporte.

Figura 1 – Emissões de CO₂ por tipo de argamassa em KgCO₂

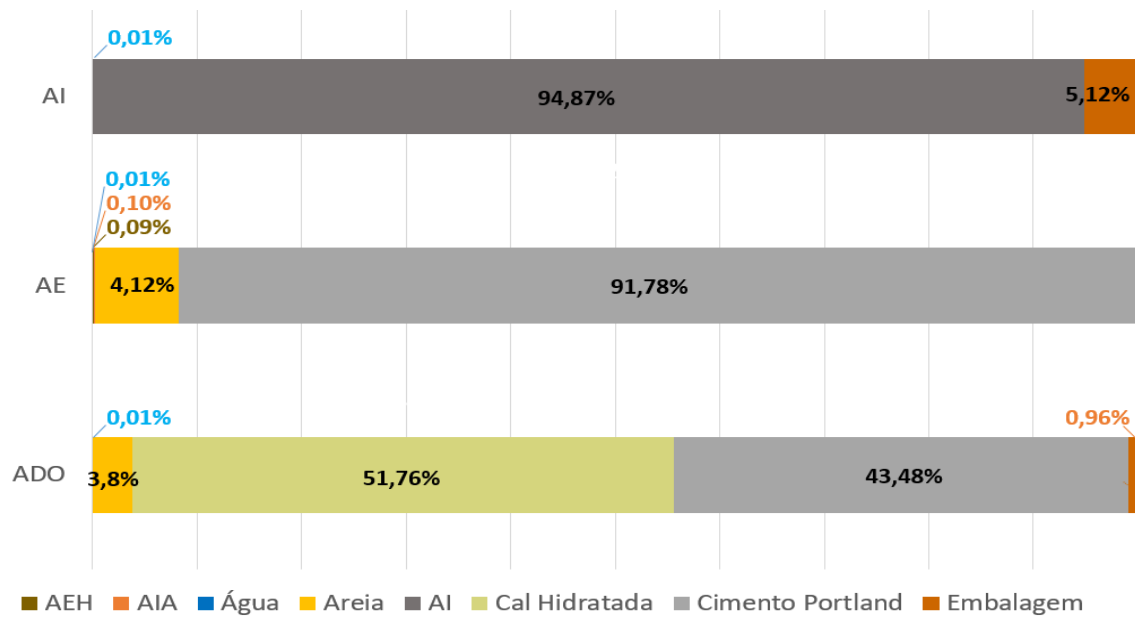


Fonte: Autor

A partir da Figura 2 pode-se perceber que a cal hidratada é responsável pela maior parte das emissões nas ADO, sendo assim, sua substituição pelo AIA reduz drasticamente as emissões. A redução da AE se deve ao fato das emissões de CO₂ provenientes da cal corresponder a 168,40

kgCO₂/m³, enquanto os aditivos que a substituem na AE emitem 3,82 kgCO₂/m³.

Figura 2 – Emissões de CO₂ por matéria prima



Fonte: Autor

5 CONCLUSÃO

A substituição da ADO por AI reduz menos significativamente as emissões de CO₂ das argamassas (4,16%). A AE além de proporcionar benefícios relacionados à produtividade da obra também traz benefícios ambientais ao reduzir em 48,42% as emissões de CO₂. Sendo assim, conclui-se que o método mais eficaz para a redução do impacto ambiental das argamassas para revestimento é a utilização da AE.

A redução das emissões de CO₂ devido à mudança no tipo de argamassa utilizada na construção ou reforma da edificação é uma prática a ser adotada em conjunto com diversas outras para reduzir as emissões da edificação como um todo. E, caso seja de interesse do construtor, poderá contribuir para a obtenção de certificações ambientais.

Esse estudo não abrangeu redução na utilização do cimento através da substituição parcial do mesmo por resíduos agroindustriais compostos por sílica amorfa, o que pode contribuir para uma redução ainda maior nas emissões de CO₂.

REFERÊNCIAS

- ABNT NBR 13281. **Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Requisito**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2005.
- ABNT NBR 13529. **Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Terminologia**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2013.
- ABNT NBR ISO 14040. **Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Princípios e estrutura**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2009.
- ALVES, N. J. D.; Ó, S. W. do. Aditivos incorporadores de ar e retentores de água. In: BAUER, E. (Org.). **Revestimentos Argamassa Caracter. e Peculiaridades**. Brasília: Universidade de Brasília, 2005. p. 7.
- CUNHA, I. B. da. **Quantificação das emissões de CO2 na construção de unidades residenciais unifamiliares com diferentes materiais**. 2016. 136 f. Dissertação (Mestrado)–Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Tecnologia de Materiais da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Ale, 2016.
- DAHLGREN, L.; STRIPPLE, H. **A comparative LCA study of various concepts for shopping bags and cement sacks**. Stockholm: IVL Swedish Environmental Reserach Institute, 2016.
- DNPM. **Economia Mineral do Brasil**. Brasília: Departamento Nacional de Produção Mineral, 2009.
- DUARTE, C. M. Inovação nas argamassas de construção para alvenaria. In: LOURENÇO, P. B. et al. (Org.). **Semin. sobre Paredes Alvenaria**. Lisboa: Universidade do Minho, 2007. p. 11.
- EFCA. **Environmental Product Declaration – Air entrainers**. Watford: European Federation of Concrete Admixtures Associations, 2015a.
- EFCA. **Environmental Product Declaration – Retarders**. Watford: European Federation of Concrete Admixtures Associations, 2015b.
- FAIRBAIRN, E. M. R. et al. Cement replacement by sugar cane bagasse ash: CO2emissions reduction and potential for carbon credits. **Journal of Environmental Management**, v. 91, n. 9, p. 1864–1871, 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2010.04.008>>.
- FARIA, F. S. de; MENDOZA, O. A.; TOLEDO FILHO, R. D. **Redução potencial do impacto ambiental de argamassas através do uso de CCA e mudança do método produtivo**. 2019, Juiz de Fora: XXII Encontro Nacional de Modelagem Computacional e o X Encontro de Ciência e Tecnologia de Materiais, 2019.
- FERRAZ, E.; JOHN, V.; BESSA, V. **CO2 no Transporte**. São Paulo: 3º Simpósio Brasileiro de Construção Sustentável- Sustentabilidade nos Negócios e Instrumentos de Mudança. Disponível em: <http://www.cbcs.org.br/sbcs10/website/userFiles/palestras_sbcs_10/emissao_co2_transporte.pdf>. , 2010
- FILIPPINI, R. M. K.; WAISS, T. C. F.; FRANCO, P. L. P. **Inventário de Gases de Efeito Estufa 2017**. Curitiba: Companhia de Saneamento do Paraná - SANEPAR,

2017.

- GAMA JUNIOR, A. C. de A. **Diretrizes com base em avaliação do ciclo de vida para redução de emissão de dióxido de carbono em revestimento de argamassa**. 2013. 121 f. Dissertação (Mestrado)–Escola de Engenharia Civil, Programa de Pós-Graduação em Geotecnia, Estrutura e Construção Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2013.
- GLOBAL CARBON PROJECT. **Global Carbon Atlas**. Disponível em: <<http://www.globalcarbonatlas.org/en/CO2-emissions>>. Acesso em: 13 ago. 2018.
- INMETRO. **Tabelas de consumo/eficiência energética - Tabela 11**. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/pbetab11.asp?acao=imprimir>>.
- IPCC. **Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change: Working Group III Contribution to the IPCC Fifth Assessment Report**. Cambridge: Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, 2014. Disponível em: <<http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg3/>>.
- JOHN, V. M.; OLIVEIRA, D. P. de; LIMA, J. A. R. de. **Levantamento do estado da arte: Seleção de materiais**. São Paulo: FINEP, 2007.
- LA SERNA, H. A. de; REZENDE, M. M. Agregados para a Construção Civil. **Sumário Mineral do Brasil**, n. 11, p. 602–635, 2009. Disponível em: <<http://anepac.org.br/wp/wp-content/uploads/2011/07/DNPM2009.pdf>>.
- MARCEAU, M. L.; NISBET, M. M. A.; VANGEEM, M. G. **Life Cycle Inventory of Portland Cement Concrete**. . Skokie: Portland Cement Association, 2007.
- MATOS, P. R. de. **Estudo da utilização de argamassa estabilizada em alvenaria estrutural de blocos de concreto**. 2013. 74 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação)–Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.
- MENDOZA, O. A. et al. Performance and environmental impact of dry concrete produced with recycled aggregates for pre-cast paving units. 2016, Cali: Sustainable materials for a living world. Cali: Track Comunicación, 2016. p. 886–887.
- MILLER, K. B. **Modelo Parametrizado De Acv: Aplicação Em Sistemas Construtivos Com Estudo De Caso Em Vedações Verticais**. 2015. 273 f. Tese (Doutorado)–Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2015.
- PICCHI, F. A. **Sistemas da qualidade: uso em empresas de construção de edifícios**. 1993. 462 f. Tese (Doutorado)–Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.
- SANTORO, J. F.; KRIPKA, M. Determinação das emissões de dióxido de carbono das matérias primas do concreto produzido na região norte do Rio Grande do Sul. **Ambiente Construído**, v. 16, n. 2, p. 35–49, 2016.
- SILVA, B. V. da. **Construção de ferramenta para avaliação do ciclo de vida de edificações**. 2012. 146 f. Dissertação (Mestrado)–Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.
- SILVA, J. O. da. **Perfil da cal**. Brasília: [s.n.], 2009.

- SILVA, L. C. **Avaliação de ciclo de vida de concretos com substituição parcial de cimento por cinzas do bagaço de cana-de-açúcar e da casca de arroz.** 2015. 117 f. Dissertação (Mestrado)–Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.
- SZLAK, B. et al. **Manual de Revestimentos de Argamassa.** São Paulo: ABCP, 2002.
- TAVARES, A. B. **Estudo da utilização de argamassas dosada em central em Santa Maria, RS.** 2008. 51 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação)–Departamento de Estruturas e Construção Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.
- THE INTERNATIONAL EDP SYSTEM. **The International EDP System.** Disponível em: <<https://www.virondec.com/>>. Acesso em: 5 jan. 2020.
- VAHAN, A. et al. **Alternativas para a redução do desperdício de materiais nos canteiros de obras.** . São Paulo: Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1998. Disponível em: <<http://perdas.pcc.usp.br/>>. Acesso em: 7 jul. 2019.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.