Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v3, 2022/03

ISSN 2178-6925

AVALIAÇÃO MICROESTRUTURAL DA CINZA DO EUCALIPTO COMO ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL NA ADIÇÃO PARCIAL AO CIMENTO PORTLAND

MICROSTRUCTURAL EVALUATION OF EUCALYPTUS ASH AS A SUSTAINABLE ALTERNATIVE IN PARTIAL ADDITION TO PORTLAND CEMENT

João Pedro Noleto Barbosa

Mestrando PPGCFA, Universidade Federal do Tocantins, Brasil

E-mail: jpnoletobarbosa@gmail.com

Daniel Ramos de Souza

Mestrando PPGCFA, Universidade Federal do Tocantins, Brasil

E-mail: engdanielramos@hotmail.com

Raquel Marchesan

Profª.Drª, Universidade Federal do Tocantins, Brasil

E-mail: raquelmarchesan@mail.uft.edu.br

Priscila Bezerra de Souza

Profª.Drª, Universidade Federal do Tocantins, Brasil

E-mail: priscilauft@mail.uft.edu.br

Recebido 05/03/2022. Aceito 18/03/2022

Resumo

O uso de cinzas volantes, sílica ativa, escória ou outros materiais com potencial para adição mineral no cimento Portland, seja como pozolana ou filler, surgem como alternativas para problemáticas ambientais relacionadas a produção do cimento, pois, possibilita reduzir significativamente o consumo do cimento decorrente das substituições em porcentagens consideráveis. Nesse cenário, estudos que visem a aplicação desses materiais para formação de subprodutos sustentais, ganha-

ISSN 2178-6925

se destaques. Este estudo busca a coleta da cinza do Eucalipto, na agroindústria regional e, posteriormente visa apresentar a sua composição micro estrutural. A pesquisa conclui que há uma predominância de partículas de formas lamelares dentre as menores partículas, enquanto as maiores apresentam uma maior esfericidade. Dessa forma, o estudo indica a continuidade de estudos de cunho físicos, químicos e mineralógicos para viabilizar o uso desse material como adição mineral ao cimento Portland.
Palavras-chaves: Micro estrutura, Eucalipto, pozolana, MEV.

Abstract

The use of fly ash, silica fume, slag or other materials with potential for mineral addition in Portland cement, either as pozzolan or filler, emerge as alternatives to environmental problems related to cement production, as it makes it possible to significantly reduce cement consumption resulting from of substitutions in considerable percentages. In this scenario, studies that aim at the application of these materials for the formation of sustainable by-products are highlighted. This study seeks to collect Eucalyptus ash in the regional agroindustry and, later, aims to present its microstructural composition. The research concludes that there is a predominance of lamellar shaped particles among the smallest particles, while the largest ones have a greater sphericity. Thus, the study indicates the continuity of physical, chemical and mineralogical studies to enable the use of this material as a mineral addition to Portland cement.
Keywords: Microstructure, Eucalyptus, pozzolan, MEV.

1. Introdução

Muito antes do aquecimento global se tornar uma prioridade, a indústria do cimento já buscava maneiras para reduzir a emissão de CO2. Desde 1999, com o lançamento da Cement Sustainability Initiative (CSI) no Conselho Empresarial Mundial para o Desenvolvimento Sustentável (WBCSD), a indústria tem sistematicamente coletado evidências e aprimorado suas estratégias. O estudo da IEA (International Energy Agency) concluiu que a meta de redução de emissões globais de 50% para manter o aquecimento global em menos de 2°C dos níveis pré-industriais exigiria uma redução geral de 18% na emissão de CO2 do setor de cimento até 2050. Dessa forma, a redução da pegada de carbono deve passar por toda cadeia produtiva do cimento Portland. (ENVIRONMENT, U. N. et al, 2018).

ISSN 2178-6925

Várias outras formas de reduzir o impacto ambiental do concreto são investigadas, uma das pioneiras é formular concretos cada vez mais resistentes, de forma que menos concreto seja suficiente para desempenhar o mesmo trabalho. O princípio é reduzir o consumo de água da mistura, pois a água sobressalente evapora, forma poros e reduz a resistência e durabilidade do concreto. Os aditivos químicos evoluíram a ponto de se desenvolver concretos de ultra alto desempenho, atingindo resistências que ultrapassem 200 MPa. Porém, o cimento é o componente mais caro desses concretos. (CROW, 2008).

Dessa forma busca-se substituir o clínquer Portland por adições minerais, como cinzas volantes, escórias, sílica ativa, metacaulim, dentre outros, assim, uma das mais importantes e bem estabelecidas estratégias para mitigar o impacto ambiental da indústria cimenteira é a substituição do clínquer por outros materiais. Essa estratégia tem as vantagens de reduzir o consumo de energia e aumentar a produção sem a necessidade de novos fornos, promovendo economia na escala de produção. A substituição do clínquer por adições minerais é interessante também pela vasta disponibilidade dessas matérias primas e ainda é capaz de promover ganhos em relação à durabilidade da matriz de cimento, o que aumenta a vida útil das estruturas. É, portanto, uma estratégia eficiente na redução da emissão de CO2 (ENVIRONMENT, U. N. et al, 2018).

A partir dessa perspectiva, o estudo busca avaliar o potencial da cinza de lenha de eucalipto como adição mineral ao cimento com ênfase na caracterização micro estrutural. Partindo do objetivo central, o estudo visa coletar a cinza de lenha de eucalipto proveniente de fornos de secagem de grãos em Gurupi, Tocantins e, na sequencia caracterizar a cinza de lenha de eucalipto quanto à sua características micro estruturais.

2. Revisão Bibliográfica

Muito antes do aquecimento global se tornar uma prioridade, a indústria do cimento já buscava maneiras para reduzir a emissão de CO_2. Desde 1999, com o lançamento da *Cement Sustainability Initiative* (CSI) no Conselho Empresarial

ISSN 2178-6925

Mundial para o Desenvolvimento Sustentável (WBCSD), a indústria tem sistematicamente coletado evidências e aprimorado suas estratégias. O estudo da IEA (International Energy Agency) concluiu que a meta de redução de emissões globais de 50% para manter o aquecimento global em menos de 2°C dos níveis pré-industriais exigiria uma redução geral de 18% na emissão de CO_2 do setor de cimento até 2050. Dessa forma, a redução da pegada de carbono deve passar por toda cadeia produtiva do cimento Portland. (ENVIRONMENT, U. N. et al, 2018).

Do ponto de vista da eficiência energética os principais esforços para que ela aumentasse começaram após a crise energética dos anos 1970. Um forno a seco de última geração com pré-calcinador consome cerca de 50% menos energias do que um forno úmido longo normalmente usado naquela época. O consumo mínimo teórico de energia é de aproximadamente 1,9 GJ / t, o que significa que os fornos de última geração já atingem cerca de 63% de eficiência, tornando tais fornos provavelmente a máquina térmica mais eficiente atualmente em uso industrial em larga escala. É improvável que haja ganhos significativos na melhor tecnologia disponível, mas a atualização progressiva da tecnologia antiga, quando econômica, foi estimada no Roteiro da IEA / WBCSD para fornecer cerca de 10% (1,8% absoluto) do visava uma redução das emissões de CO_2 de 18%. Essa estratégia exigiria pesados investimentos, mas, por reduzir os custos de energia, não deveria aumentar o custo do cimento. (ENVIRONMENT, U. N. et al, 2018).

O forno de cimento moderno é uma máquina muito flexível, o que permite à indústria de cimento trocar os combustíveis de maneira relativamente simples. A indústria brasileira de cimento, por exemplo, mudou de quase 100% de óleo combustível na década de 1970 para uma mistura de carvão vegetal e carvão mineral em 1984 e agora depende quase inteiramente de coque de petróleo, atualmente utilizam até resíduos de pneus para aquecer os fornos. Na Europa, o uso de resíduos como combustível pode chegar a 80% da demanda térmica. O aumento do uso de resíduos de combustíveis é um meio eficiente para seu descarte, prestando um serviço útil e ecologicamente responsável à sociedade. Essa flexibilidade é uma oportunidade para reduzir a intensidade do CO_2. Existem oportunidades para expandir o uso de biomassa e combustíveis alternativos em

ISSN 2178-6925

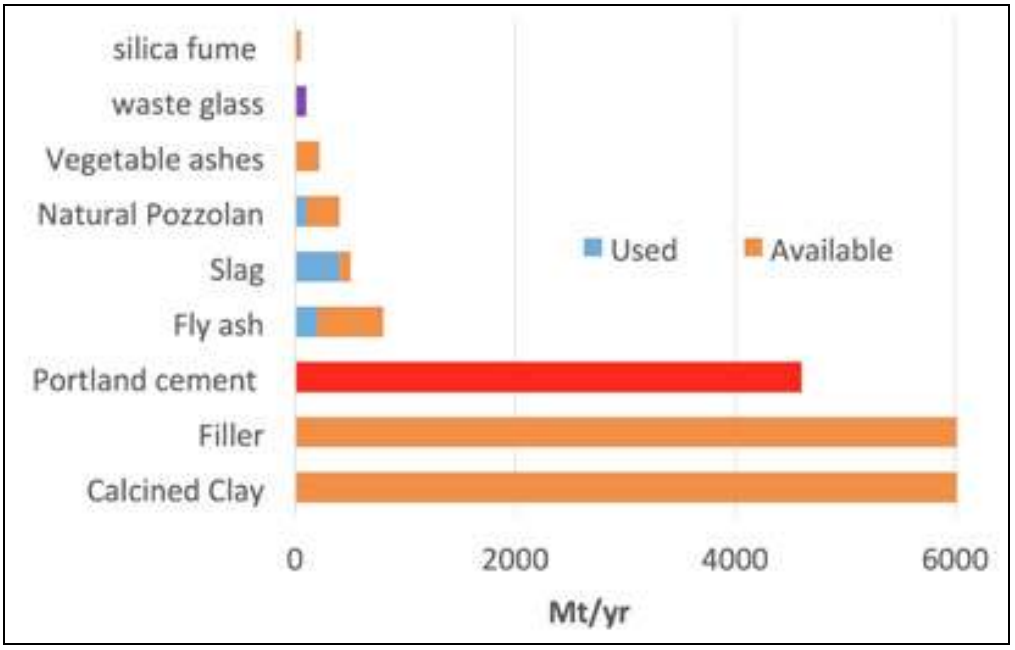
todo o mundo. O Roteiro previa que o uso mundial de “combustíveis alternativos” crescesse de 3% em 2006 para cerca de 37% em 2050 e proporcionasse cerca de 15% da redução geral almejada nas emissões de CO2. (ENVIRONMENT, U. N. et al, 2018).

Várias outras formas de reduzir o impacto ambiental do concreto são investigadas, uma das pioneiras é formular concretos cada vez mais resistentes, de forma que menos concreto seja suficiente para desempenhar o mesmo trabalho. O princípio é reduzir o consumo de água da mistura, pois a água sobressalente evapora, forma poros e reduz a resistência e durabilidade do concreto. Os aditivos químicos evoluíram a ponto de se desenvolver concretos de ultra alto desempenho, atingindo resistências que ultrapassem 200 MPa. Porém, o cimento é o componente mais caro desses concretos. (CROW, 2008).

Dessa forma busca-se substituir o clínquer Portland por adições minerais, como cinzas volantes, escórias, sílica ativa, metacaulim, dentre outros, assim, uma das mais importantes e bem estabelecidas estratégias para mitigar o impacto ambiental da indústria cimenteira é a substituição do clínquer por outros materiais. Essa estratégia tem as vantagens de reduzir o consumo de energia e aumentar a produção sem a necessidade de novos fornos, promovendo economia na escala de produção. A substituição do clínquer por adições minerais é interessante também pela vasta disponibilidade dessas matérias primas e ainda é capaz de promover ganhos em relação à durabilidade da matriz de cimento, o que aumenta a vida útil das estruturas. É, portanto, uma estratégia eficiente na redução da emissão de CO_2 (ENVIRONMENT, U. N. et al, 2018). A figura 1 mostra a relação entre o uso de adições minerais e sua disponibilidade.

ISSN 2178-6925

Figura 1 - Uso e estimativa da disponibilidade de materiais cimentícios e fíleres



Fonte: ENVIRONMENT, U. N. et al, 2018

Fica evidente o potencial das adições minerais, as quais são compostas por materiais cimentícios como pozolanas e escória de alto forno e materiais inertes como fíleres.

3. Metodologia

A cinza é proveniente de toras de eucalipto utilizadas para geração de energia em fornos utilizados para secagem de grãos de soja. Coletada em uma empresa do ramo no município de Gurupi, Tocantins. A instituição, todavia, não foi capaz de identificar quais as espécies de eucalipto são entregues pelos fornecedores.

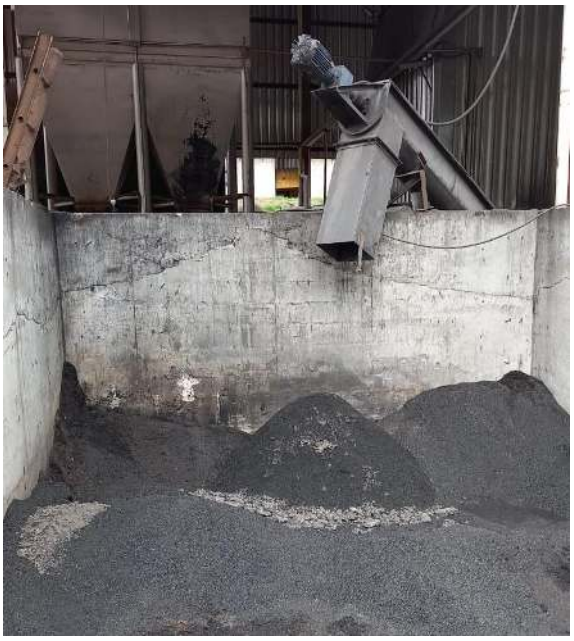
ISSN 2178-6925

Figura 2- Forno onde ocorre a queima da lenha de eucalipto



Fonte: (Autor, 2021)

Figura 3- Descarte de cinza residual após a queima



Fonte: (Autor, 2021)

Esse material após a coleta foi seco e peneirado integralmente na peneira de malha 0,074mm (#200) a fim de que se obtivesse a menor granulometria possível para avaliar seu emprego como adição mineral ou *filler.*

ISSN 2178-6925

Figura 4 - Material seco em estufa



Fonte: Autor (2021)

Figura 5 - Cinza peneirada



Fonte: Autor (2021)

Após a preparação, uma parte desse material foi enviada ao Centro Regional para o Desenvolvimento Tecnológico e Inovação (CRTI) da Universidade Federal de Goiás (UFG), para caracterização.

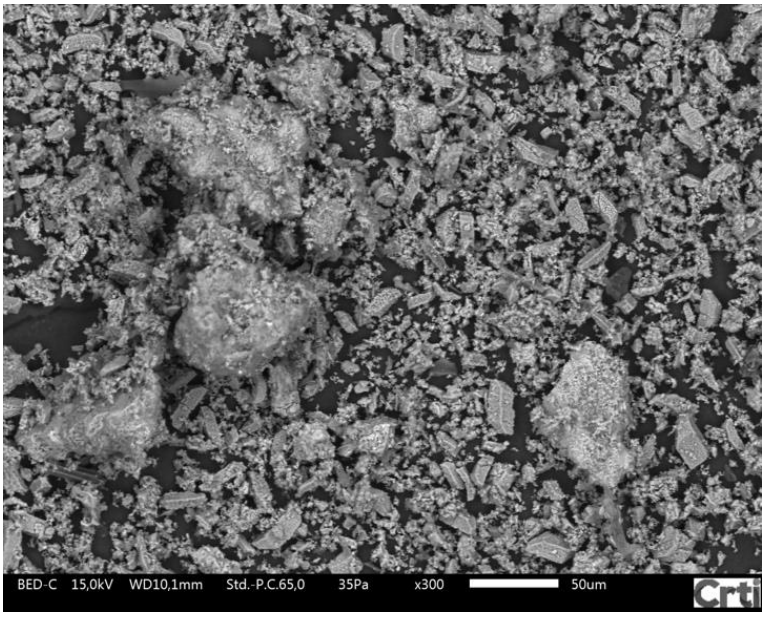
ISSN 2178-6925

O ensaio que determina a caracterização microestrutural foi feita para identificar tamanho, forma e rugosidade da cinza do Eucalipto. As amostras foram fixadas sobre fita adesiva de carbono e suportadas em porta amostra de latão. As imagens foram obtidas com um microscópio eletrônico de varredura (MEV) Jeol JSM-IT300 com tensão de aceleração de elétrons de 15 kV e modo de detecção de elétrons retroespalhados (BED-C).

4. Resultados e Discussão

A caracterização microestutural das Cinzas do Eucalipto, foram apresentadas em laudo, pelo laboratório do CRTI/UFG. O ensaio realizado com um microscópio eletrônico de varredura (MEV), registrados por micrografias em diferentes níveis de aumento, possibilitando a observação do aspecto geral das partículas, e seus arranjos, conforme figuras 6 a 9.

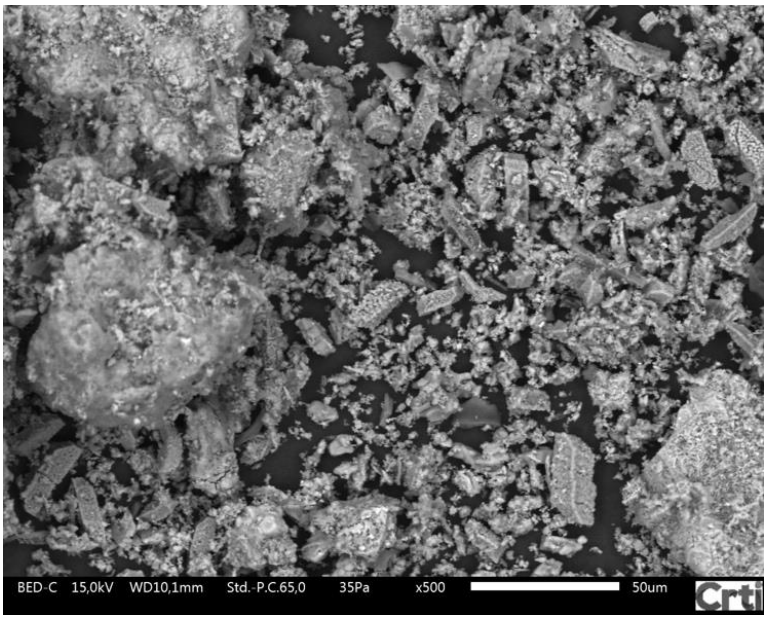
Figura 6- Micrografia eletrônica de varredura. Ampliação: 300 vezes.



Fonte: Autor (2021)

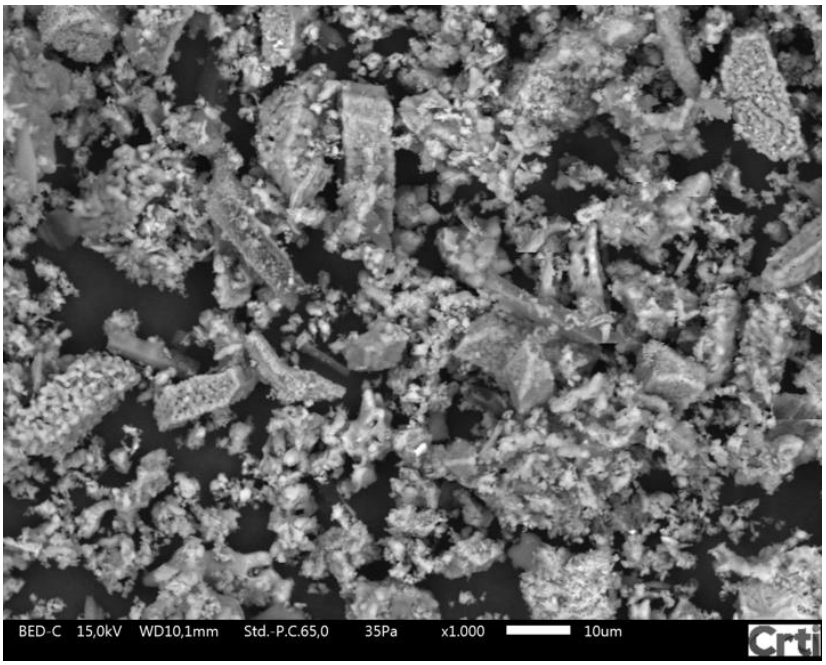
ISSN 2178-6925

Figura 7 - Micrografia eletrônica de varredura. Ampliação: 500 vezes.



Fonte: Autor (2021)

Figura 8 - Micrografia eletrônica de varredura. Ampliação: 1000 vezes.



Fonte: Autor (2021)

ISSN 2178-6925

Observando as micrografias nota-se uma predominância de partículas de formas lamelares dentre as menores partículas, enquanto as maiores apresentam uma maior esfericidade. Essa informação é de suma importância, pois, a forma do grão, ou seja, seu grau de esfericidade, impacta diretamente nas propriedades da pasta de cimento em seu estado fresco, segundo o modelo de mobilidade de concretos, em que esta mobilidade depende, dentre outras coisas, da área superficial volumétrica dos grãos (área superficial/densidade), ou seja, este valor será menor, quanto mais esférico for o material (menor relação área/volume possível na natureza).

Segundo Melo, Monteiro e Gomes (2018):

> Em um sistema de partículas granulares como o concreto, a mobilidade é diretamente proporcional ao afastamento dos grãos em um meio fluido, entretanto, este em elevadas quantidades, representa um aumento no custo de produção. O empacotamento dos grãos, e a consequente redução dos vazios, possibilita reduzir o volume de pasta. O volume de pasta necessário, nesse caso, será menor, quando alcançado um maior empacotamento; por outro lado, quando disponível em excesso sobre as superfícies das partículas de agregados, o volume de pasta será maior.

Ou seja, a predominância de partículas lamelares poderá impactar na trabalhabilidade da pasta de cimento e também sua resistência.

5. Conclusão

Portanto, segundo as análises de DRX, há uma predominância de partículas de formas lamelares dentre as menores partículas, enquanto as maiores

ISSN 2178-6925

apresentam uma maior esfericidade. A forma do grão, ou seja, seu grau de esfericidade, impacta diretamente nas propriedades da pasta de cimento em seu estado fresco, entretanto o estudo conclui o comportamento misto, entre esféricos e laminares, na microestrutura da cinza.

Dessa forma, conclui-se que os resultados obtidos indicam que a cinza do eucalipto apresenta um potencial para uso como adição mineral, dessa forma, indica-se a realização de ensaios complementares como análise química, mineralógica, fisícas e estudos no estado endurecido das cinzas, e consequentemente análises mecânicas e de durabilidade e, consequentemente para potencial da sua substituição ao cimento Portland.

Referências

_____. **NBR 16605:** Cimento Portland e outros materiais em pó-Determinação da massa específica. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

_____. **NBR 5752:** Determinação do índice de desempenho com o cimento Portland aos 28 dias. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

_____. **NBR 7215:** Cimento Portland–Determinação da Resistência à Compressão de Corpos de Prova Cilíndricos. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

_____. **NBR 16697:** Cimento Portland – Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

_____. **NBR 7214:** Areia normal para ensaio de cimento - Especificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

_____. **NBR 9778:** Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

_____. **NBR 12653:** Materiais pozolânicos — Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

GEYER, Andre Luiz Bortolacci. Contribuição ao estudo da disposição final e aproveitamento da cinza de lodo de estações de tratamento de esgotos sanitários como adição ao concreto. 2001.

DAL MOLIN, Denise Carpena Coitinho. Adições minerais para concreto estrutural. **Concreto: ensino, pesquisa e realizações**, v. 1, p. 345-379, 2005.

PRESTON, Felix; LEHNE, Johanna. **Making Concrete Change Innovation in Low-carbon Cement and Concrete**. 2018.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do concreto**, 6 ed, Porto Alegre, Bookman Editora, 2016

NEVILLE, Adam M. **Tecnologia do concreto**. Bookman Editora, 2013.

FALCÃO, BAUER,.L. A. **Materiais de Construção** - Vol. 1. LTC: Grupo GEN, 2019.

ENVIRONMENT, U. N. et al. **Eco-efficient cements: Potential economically viable solutions for a low-CO2 cement-based materials industry**. Cement and Concrete Research, v. 114, p. 2-26, 2018.

LIMA, José Antonio Ribeiro de. **Avaliação das conseqüências da produção de concreto no Brasil para as mudanças climáticas**. 2010. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

BATTAGIN, Arnaldo Forti. **Uma breve história do cimento portland**. 2017. Disponível em: <http://www.abcp.org.br/cms/basico-sobre-cimento/historia/uma-breve-historia-docimento- portland/>

Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil / Coordenação-Geral do Clima. -- 5. ed. -- Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações, 2019. 71 p.: il.

DE MATOS, Liana Wermelinger. **Análise dos métodos de redução de emissão de CO2 em uma indústria de cimento**. 2017.

ISHAK, Siti Aktar; HASHIM, Haslenda. **Low carbon measures for cement plant–a review**. Journal of Cleaner Production, v. 103, p. 260-274, 2015.

ISSN 2178-6925

COSTA, Eugênio Bastos da et al. **Avaliação da perda de massa de farinhas precursoras de clínquer CSAB compostas com lodo de anodização do alumínio**. Matéria (Rio de Janeiro), v. 19, p. 291-300, 2014.

CROW, James Mitchell. **The concrete conundrum**. Chemistry World, v. 5, n. 3, p. 62-66, 2008.