Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v4,
2022/04

ISSN 2178-6925

ESTUDO MICROESTRUTURAL DE CINZAS COMO ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL NA ADIÇÃO PARCIAL AO CIMENTO PORTLAND: POTENCIAL DA CASCA DO FRUTO DO TINGUI

MICROSTRUCTURAL STUDY OF ASH AS A SUSTAINABLE ALTERNATIVE IN PARTIAL ADDITION TO PORTLAND CEMENT: POTENTIAL OF TINGUI FRUIT PEEL

Daniel Ramos de Souza

Mestrando PPGCFA, Universidade Federal do Tocantins, Brasil

E-mail: engdanielramos@hotmail.com

João Pedro Noleto Barbosa

Mestrando PPGCFA, Universidade Federal do Tocantins, Brasil

E-mail: jpnoletobarbosa@gmail.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 01/03/2022. Aceito 20/04/2022

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 e calcinação da Casca do fruto do Tingui e posteriormente visa apresentar a sua composição micro estrutural. A pesquisa conclui que os minerais com maiores índices encontrados foram o potássio, cálcio e magnésio, dessa forma, esse material não pode ser utilizado como pozolana na substituição parcial do cimento Portland, devido à baixa presença de sílica, atribuindo assim a sua finalidade como adição mineral ao cimento.
Palavras-chaves: Micro estrutura, Tingui, pozolana, MEV.

Abstract

The use of fly ash, silica fume, slag or with the potential to add mineral materials to Portland cement, either as pozzolan or filler, as alternatives to environmental problems related to cement, as they make it possible to significantly reduce cement consumption resulting from substitutions in considerable percentages. In this scenario, studies aimed at the application of these materials for the formation of sustainable by-products, stand out. This study the collection of fruits and calcination search of the bark of Tingui and later aims to present its microstructural composition. The research concludes that the ones with the highest indices found were in the form of potassium, calcium and non-mineral, the material can be used as a pozzolan in the partial replacement of Portland cement, due to the low presence of silica, thus attributing its purpose as a mineral addition to the cement.
Keywords: Microstructure, Tingui, pozzolan, MEV.

1. Introdução

No Brasil intensificou-se nas últimas décadas pesquisas que buscavam destacar a eficiência de produtos sustentáveis e sua contribuição para a minimização dos danos causados ao meio ambiente (CARRICO, 2020). Em sua maior parte, essas pesquisas indicam resultados positivos e se mostram até mesmo superior, em sua maioria, frente aos produtos convencionais. Os resíduos gerados a partir da indústria da construção civil pode ter diversas destinações desde a pavimentação de ruas, em serviços de drenagem, confecção de argamassas e concretos sem perdas significativas de suas propriedades mecânicas.

Para o processo de criação de um novo material, a matéria-prima passa por um processo mecanizado, onde são gerados uma menor quantidade de resíduos.

ISSN 2178-6925

Contudo, quanto menor a quantidade de resíduos gerados, maior será a eficiência do produto reciclado (BARBOSA, 2018).

As possibilidades são diversas, para destinação e aplicação de resíduos advindos da construção civil, conforme cita Teodoro (2011, p. 26): “o papel, o vidro, o plástico e o metal, pois são estes que podem voltar ao estado original e ser transformados novamente num produto igual em todas as suas características”. Esses materiais encontram-se em sua grande maioria em entulhos das construções, enfatizando assim a importância de pesquisas e aplicações em produtos que busquem a conservação dos recursos naturais.

O emprego do filler nos compósitos cimentícios vem sendo amplamente estudado principalmente devido a função de preenchimento deste material na matriz cimentícia (SILVA e BRITO, 2015). É determinada por ser um adição mineral não-reativa devido não possuir atividade química, contudo, o diâmetro igual ou inferior a granulonometria do que o do cimento Portland, promove uma reação descrita como efeito fíler. Cordeiro (2006), relata que a sua ação é determinada por meio de um efeito físico de empacotamento granulométrico, visto que possibilita o preenchimento dos espaços vazios entre as partículas do aglomerante (cimento), agregando um aumento na compacidade da pasta e, em decorrência, redução dos poros.

Para uma adição possuir o efeito fíler, a mesma deve apresentar uma granulometria próxima ou menor que a do cimento. Adotando porcentagens de substituição inferior aos 15% em relação a massa do cimento, desta forma, são atribuídas melhores propriedades de trabalhabilidade, permeabilidade, massa especifica e entre outros (SOARES, 2010).

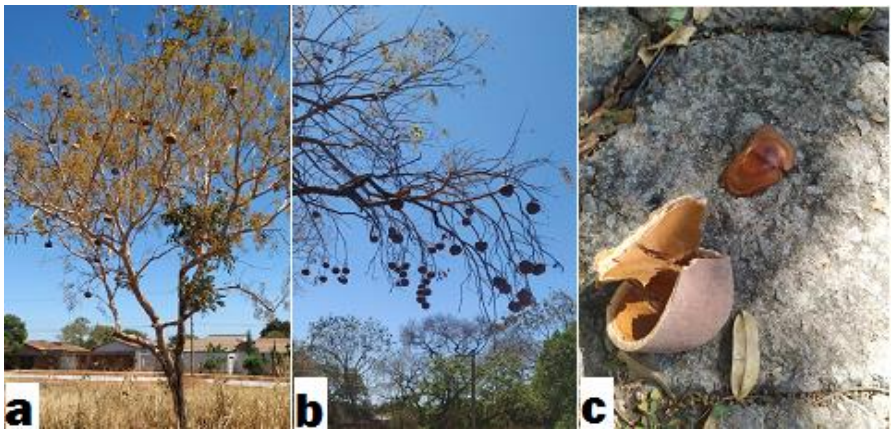
Dessa maneira, esse estudo busca determinar a caracterização microestrutural da cinza da casca do fruto do Tingui (CCFT) para viabilizar a mesma como adição mineral ao cimento Portland.

2. Revisão Bibliográfica

ISSN 2178-6925

O Tingui (Figura 1) é uma espécie nativa do bioma Cerrado e pertencente à família das sapindaceae. De nome científico Magonia pubescens é porpulamente conhecida como cuité, mata-peixe, timbó-do-cerrado, timpopeba, tingui-açu, tingui-de-cola. São encontradas em solos mais ricos em relação a K, Ca e Mg, sua distribuição está no Distrito Federal e nos estados de Rondônia, Bahia, Ceará, Goiás, Maranhão, Minas Gerais, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Pará, Piauí, São Paulo e Tocantins (VIELA 2017; ALMEIDA et al, 1998).

Figura 1: Matriz de Tingui e seus frutos[1].



Fonte: Próprio autor (2020).

A floração desta espécie é ocasionada entre os meses de julho a setembro com flores de odor agradável e características amarelo-esverdeado, com até 2,0 cm de diâmetro. A frutificação ocorre entre os meses de agosto a novembro e os frutos produzidos tem características de cor marrom, lenhosos, deiscentes e medem aproximadamente 10,0 cm de diâmetro. No composição interna, as sementes são aladas e de cor castanha, medindo 8,0 cm de diâmetro e tem entre 13 e 14 unidades por fruto, aproximados (MACEDO et al, 2009; VIEIRA, 2015).

O cimento Portland não é isento de problemas. Devido a sua grande utilidade, gerou-se vultuosos números, tendo como na fabricação de cimento Portland um consumo previsto de 11x1018 J de energia anualmente, aproximadamente 2–3% do uso de toda a energia primaria do planeta. (JUENGER et al., 2011). Além disso, a produção de cimento Portland desencadeia a liberação

[1] Legenda: a) Matriz da *Magonia pubescens*; b) Flores e frutos; c) Frutos maduro.

ISSN 2178-6925

de aproximadamente 0,86 t de dióxido de carbono para cada fração de tonelada do cimento produzida, resultando aproximadamente em 5% das emissões de CO_2 liberada pelo homem na natureza, se tornando uma grave problemática (DAMTOFT et al., 2008).

O cimento Portland, quando adicionado à água, constitui a propriedade adesiva, decorrente da reação química conhecida de reação de hidratação. Posterior ao contato do cimento anidro com a água, provoca uma convergência de processos químicos, físicos, ainda cita-se outros processos decorrentes dessas ações, como: aglomeração, liberação de energia térmica e adsorção, o que provoca uma reação em cadeia bastante complexa e com alguns pontos ainda não compreendidos (STARK, 2011).

Em meio ao processo de hidratação do cimento, a reação que inicia e a decorrente do aluminatos tricálcio (C_3A), que seria decorrido em um processo instantânea se não fosse a ação do sulfato de cálcio, que provoca o retardamento da pega. Na sequência gera a reação entre os cristais de silicatos tricálcico (C_3S), sendo estes os precursores da resistência da pasta em seu estado inicial. O ferroaluminatro tetracálcio (C_4AF) possui pega acelerada, mas não em estado instantânea. Nessa perspectiva, o óxido de ferro trabalha como fundente, onde ele fixa o alumina e melhorando a propriedade de resistência ao ataque de águas sulfatadas. Após os primeiros 7 dias começam as reações do silicatos dicálcio (C_2S) com a água. Está é uma reação lenta e acontece com mais efetividade após os 28 dias, visto que este composto é quem colabora mais significativamente para a resistência da pasta em idades mais avançadas (SOKOLOVICZ, 2013).

Alguns autores ainda destacam que (ISAIA, 2007; CORDEIRO, 2009), as adições minerais contribuem em vários aspectos, tais como o aumento da durabilidade as condições de serviço, vantagens econômicas e a conservação dos recursos naturais. A utilização de cinza volante, como adição mineral, ainda contribuiria para a destinação de 500 milhões de toneladas deste resíduo, que em sua maioria tem o descarte indevido e, poderá reduzir a fabricação de clínquer em aproximadamente 400 milhões de toneladas, e a extração de 300 milhões de

ISSN 2178-6925

toneladas de calcário e 100 milhões de toneladas argila. Formalizando que o clínquer corresponde em média a 80 % da composição do cimento, e sua formação se baseia em aproximadamente 75 % de calcário e 25 % de argila (IBC, 2012; METHA E MONTEIRO, 2008).

O microscópio eletrônico de varredura é amplamente utilizado nas pesquisas envolvendo o cimento, ele é um instrumento de análise da microestrutura de argamassas, concretos e pasta de cimento. Isso deve-se a sua capacidade de aumento (até 200.000 vezes) e a capacidade de realizar análises químicas pontuais, em regiões de apenas alguns micrômeros, desta maneira, este ensaio permite melhor avaliação e analises da microestrutura e composição das fases constituintes do clíquer, das adições do cimento, do processo de hidratação e dos indicadores fundamentais para determinar a durabilidade de argamassas e do concreto (KIHARA e ZAMPIERI, 1988; OLIVEIRA, 2004).

As argamassas e os concretos têm sido objeto de muitos estudos que utilizaram a microscopia eletrônica de varredura como técnica de análise (OLIVEIRA, 2004; MAIA, 2007; GOBOO, 2009; MATTOS, 2019; NOGUEIRA, 2019; OLIVEIRA, 2021;)

3. Metodologia

Após as coletas nas matrizes de tingui, as cascas foram secas em laboratório e, foram armazenas para queima. Devido ao alto volume de material a ser queimado, foi desenvolvido um dispositivo para a calcinação das casas de forma artesanal, buscando-se aproximar de todas as condições de queima em agroindústrias (caldeiras e fornos) utilizando material de barro como estrutura, sem ações diretas de intempéries. O recipiente é de material cerâmico, com diâmetro de 50 centímetros na parte superior e, 65 centímetros de altura.

Figura 2: Dispositivo adaptado para a calcinação das cascas do Tingui

ISSN 2178-6925



Fonte: Próprio autor (2021)

As cascas de Tingui foram adicionadas ao vaso cerâmico, onde foi acrescentado o fogo por meio de Gás Liquefeito de Petróleo (GLP). Após o início da combustão e conservação do fogo, que ocorreu por volta de 8 minutos aproximados, foram sendo adicionadas mais cascas de Tingui. A queima ocorreu por 92h continua sem intervenções externas para adição de mais fogo. Após a finalização, o material ficou mais 72h para o resfriamento e, posteriormente foi feito o empacotamento em sacos plásticos tipo zíper para diminuir o contato com a umidade ambiente.

O ensaio que determina a caracterização microestrutural foi feita para identificar tamanho, forma e rugosidade da cinza da casca do fruto do Tingui. 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).

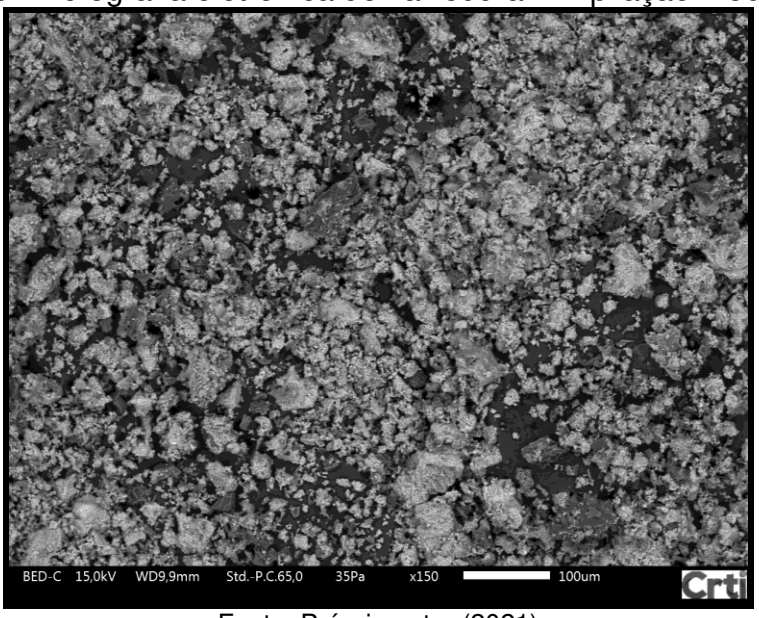
As análises composicionais foram realizadas pela técnica de espectroscopia por dispersão de energia (EDS), com um detector de raios-X Oxford Instruments X-MaxN acoplado ao microscópio.

ISSN 2178-6925

4. Resultados e Discussão

A caracterização microestutural das Cinzas da Casca do Fruto do Tingui, 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 3 a 6.

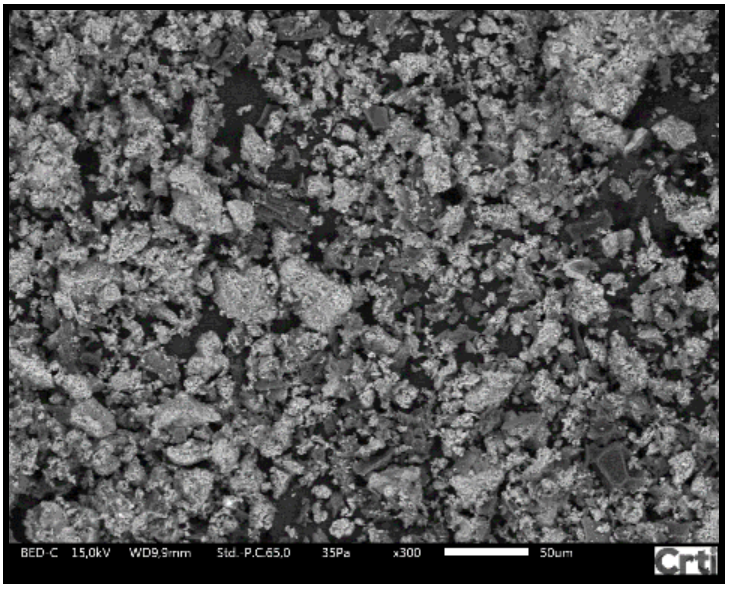
Figura 3: Micrografia eletrônica de varredura. Ampliação: 150 vezes.



Fonte: Próprio autor (2021)

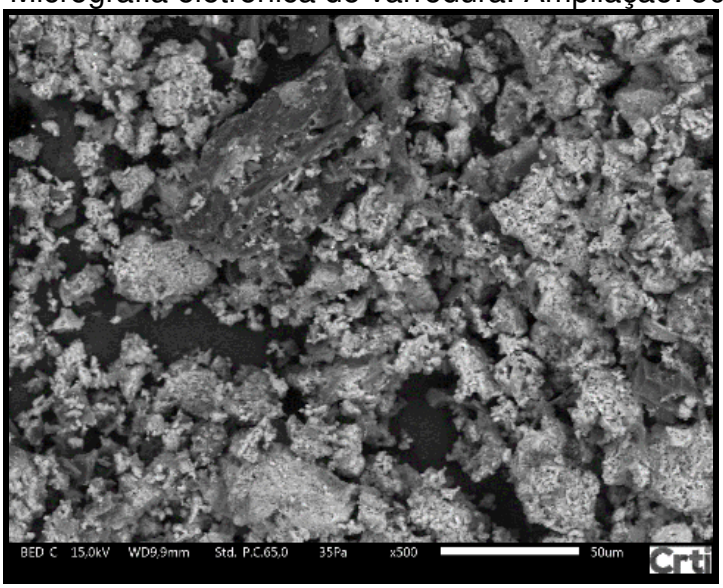
Figura 4: Micrografia eletrônica de varredura. Ampliação: 300 vezes.

ISSN 2178-6925



Fonte: Próprio autor (2021)

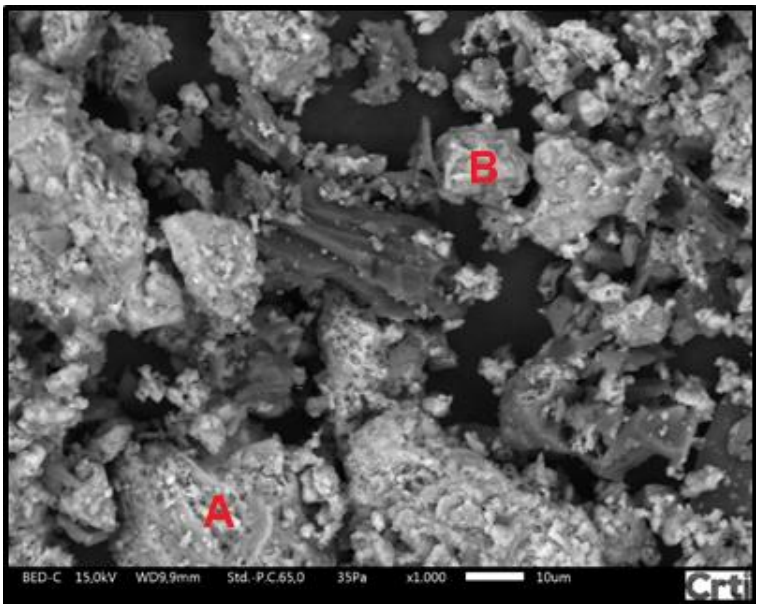
Figura 5: Micrografia eletrônica de varredura. Ampliação: 500 vezes.



Fonte: Próprio autor (2021)

Figura 6: Micrografia eletrônica de varredura. Ampliação: 1000 vezes.

ISSN 2178-6925



Fonte: Próprio autor (2021)

A micrografia obtida por MEV, demostrou uma predominância de partículas de formas laminares (Figura 6-A) dentre as menores partículas entretanto há também a presença de partículas esféricas (Figura 6-B) nesse grupo, em menor proporção. As maiores partículas caracterização se também pela 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).

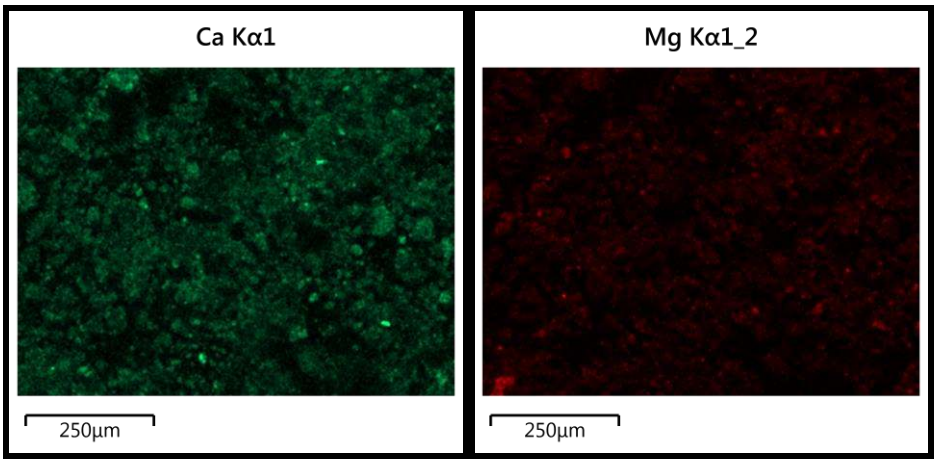
A análise composicional realizada pela técnica de espectroscopia por dispersão de energia (EDS), com um detector de raios-X Oxford Instruments X-MaxN acoplado ao microscópio e apresentado nas figuras seguintes onde são destacados os principais minerais que compõem a cinza.

Figura 7: Área de análise da cinzas pelo método EDS

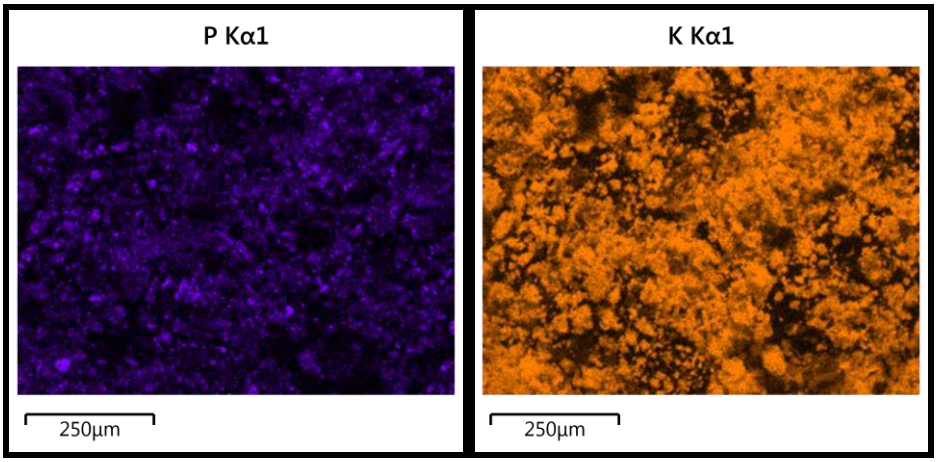


Fonte: Próprio autor (2021)

Figura 8: Minerais com maiores incidências na região pesquisada

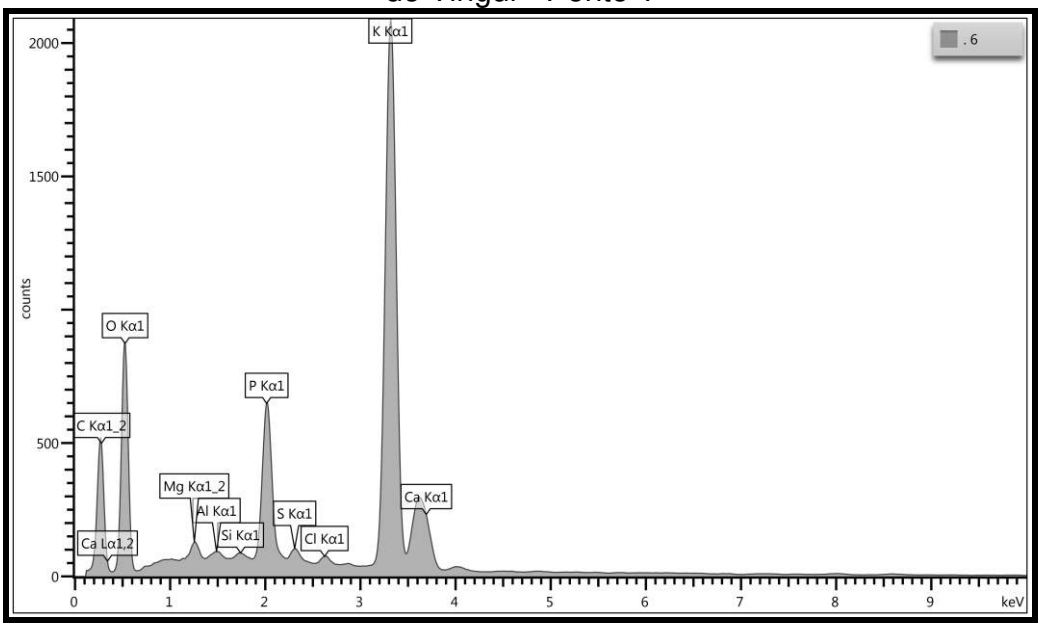


ISSN 2178-6925



Fonte: Próprio autor (2021)

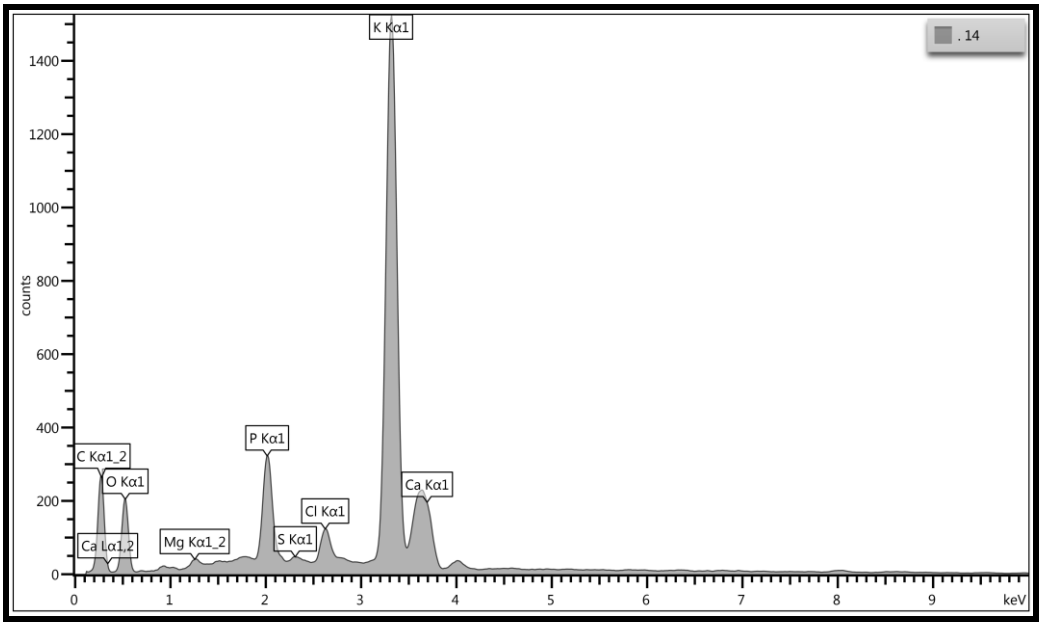
Figura 9: Análise composicional EDS dos minerais das Cinzas da Casca do Fruto do Tingui - Ponto 1



Fonte: Próprio autor (2021)

Figura 10: Análise composicional EDS dos minerais das Cinzas da Casca do Fruto do Tingui – Ponto 2

ISSN 2178-6925



Fonte: Próprio autor (2021)

Os minerais identificados pela análise EDS, foram os principais encontrados nas análises expostos nas Figura 3 e 6 foram o potássio, cálcio e magnésio, todavia, em função da quantidade de picos, não apresentam fase amorfa suficiente para caracterizar uma pozolana.

5. Conclusão

Portanto, segundo as análises de DRX e EDS, os minerais com maiores índices foram o potássio, cálcio e magnésio. Esse material não pode ser utilizado como pozolana na substituição parcial do cimento Portland, devido a baixa presença de sílica, atribuindo assim a sua finalidade como adição mineral ao cimento.

Dessa forma, conclui-se que os resultados obtidos indicam que a cinza da casca do fruto do tingui apresenta um baixo potencial pozolânico, dessa forma, indica-se a realização de ensaios complementares como análise química, mineralógica, fisícas e estudos no estado endurecido das cinzas, para estudos

mecânicos e de durabilidade e, consequentemente para análise da sua substituição ao cimento Portland.

Referências

Almeida, S. P.; Proença, C. E. B.; Sano, S.M.; Ribeiro, J. F., **Cerrado**: espécies vegetais úteis. Planaltina: Embrapa-CPAC, p. 231-234, 1998

BARBALHO, Enéas de Andrade; SILVA, Eugênia Fonseca da; RÊGO, João Henrique da Silva. Estudo da proporção de argila calcinada e filer calcário no cimento LC3 para diferentes teores de substituição. **Matéria (Rio de Janeiro)**, v. 25, n. 1, 2020.

BARBOSA, Uende et al. reutilização do concreto como contribuição para a sustentabilidade na construção civil. **Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro–Unipac ISSN**, v. 2178, p. 6925, 2018.

CARRICO, César Augusto Nunes; DA SILVA, Helenton Carlos. Desenvolvimento sustentável da construção civil a partir do controle de resíduos sólidos. **Revista TechnoEng-ISSN 2178-3586**, v. 1, 2020.

CORDEIRO, Guilherme Chagas. **Utilização de Cinzas Ultrafinas do Bagaço de Cana-de-Açúcar e da Casca de Arroz como Aditivos Minerais em Concreto**.2006. 445 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro,2006.

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

DAMTOFT, J. S. et al. Sustainable development and climate change initiatives. **Cement and Concrete Research**, v. 38, n. 2, p. 115–127, 2008.

FARIAS, GUSTAVO TOLÊDO. **Influência do grau de maturação de folhas de bambu na produção de cinzas pozolânicas e seus efeitos na hidratação e resistência à compressão de pastas de cimento**. Monografia (Graduação em Engenharia Civil), 2021. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2021.

ISSN 2178-6925

FILHO, Gobbi A. et al. Atividade pozolânica de adições minerais para cimento portland (Parte ii): índice de atividade pozolânica com cimento portland (IAP), difração de raios-x (DRX) e termogravimetria (TG/DTG). **Rev. Mater**, v. 22, 2017.

FRAGA, Yuri Sotero Bomfim et al. Efeito da ultrasonicação da sílica ativa e da nanossílica coloidal em pastas de cimento. **Matéria (Rio de Janeiro)**, v. 25, n. 4, 2020.

KIHARA, Y.; ZAMPIERI, V. A. Microscopia Eletrônica de Varredura: perspectivas e potencialidades no aprimoramento da qualidade dos cimento nacionais. In: 38o REUNIÃO DE TÉCNICOS DA INDÚSTRIA DO CIMENTO, ago. 1988, São Paulo. **Anais**. São Paulo: ABCP, 1988. 26 p.

NAKANISHI, Erika Yukari. **Cinza residual da queima de biomassa do capim elefante (Pennisetum purpureum) como material pozolânico substituto do cimento Portland**. 2013. Dissertação (Mestrado em Qualidade e Produtividade Animal) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2013. doi:10.11606/D.74.2013.tde-07102013-094322.

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

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

OLIVEIRA, Carlos Augusto. **Comportamento físico e avaliação microestrutural de argamassas produzidas a partir da mistura exaurida gerada na indústria de magnésio metálico**. Dissertação, UFMG, 2004.

PILAR, Ronaldo et al. Avaliação de pastas de cimento Portland contendo cinza pesada moída. **Matéria (Rio de Janeiro)**, v. 21, n. 1, p. 92-104, 2016.

PISANI, M. A. J. **Ciclo de vida das edificações: uma abordagem sustentável**. IN Seminário Meio Ambiente: O que será do amanhã? Organização Turguenev Roberto de Oliveira. São Paulo: Centro Universitário de Belas Artes de São Paulo,2008.

QUARCIONI, V. A. et al. Indirect and direct Chapelle's methods for the determination of lime consumption in pozzolanic materials. Rev. IBRACON de Estruturas e Materiais. São Paulo, v. 8, n. 1, p. 1-7. 2015.

ISSN 2178-6925

RAMOS, J. **Reciclando Cinzas: Estudo de Viabilidade para Produção de Blocos para Construção Civil a partir da Cinza Volante Residual de um Reator de Leito Fluidizado**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura). Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. 2011.

RODRIGUES, Michelle Santos **Avaliação de cinzas de palha de cana-de-açúcar e sua utilização como adição mineral em matrizes cimentícias.** 2012. 173 f. Tese (Doutorado) – Curso de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas. Camplinas, 2012.

SILVA, P.r. da; BRITO, J. de. Experimental study of the porosity and microstructure of selfcompacting concrete (SCC) with binary and ternary mixes of fly ash and limestone filler. **Construction And Building Materials**, [s.l.], v. 86, p.101-112, jul. 2015. Elsevier BV.

SILVA, P.r. da; BRITO, J. de. Experimental study of the porosity and microstructure of selfcompacting concrete (SCC) with binary and ternary mixes of fly ash and limestone filler. **Construction And Building Materials**, [s.l.], v. 86, p.101-112, jul. 2015. Elsevier BV.

SOARES, M. M. N. S**. Influência das condições de queima nas características físico – químicas das cinzas do bagaço de cana- de- açúcar**. 2010. 115 f. Tese (Mestrado em Construção Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais. 2010.

TEODORO, Nuno Filipe Godinho. **Contribuição para a Sustentabilidade na Construção Civil**: Reciclagem e Reutilização de Materiais. Universidade Técnica de Lisboa, 2011.

TORRES, Sara Martins. **Aplicação da difração de raios x na análise do potencial pozolânico da cinza do bagaço da cana-de-açúcar para adição ao cimento Portland**. 2019. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2019.

VILELA, Fernando José. **Desenvolvimento de um condicionador de solos com valor agregado a partir da biomassa de Magonia pubescens**. 2017. xii, 91 f., il. Tese (Doutorado em Tecnologias Química e Biológica)—Universidade de Brasília, Brasília, 2017.