

POTENCIAL DO USO DE CINZA DE FOLHA DE BAMBU COMO ADIÇÃO POZOLÂNICA AO CONCRETO FRENTE À AÇÃO DE ÍONS CLORETO

FÉLIX KROLOW SELL JUNIOR¹; FÁBIO COSTA MAGALHÃES²; CÉSAR ANTONIO OROPESA AVELLANEDA³

¹Universidade Federal de Pelotas – felixsell@gmail.com

²Instituto Federal de educação, ciência e tecnologia – fabiocmagalhães@gmail.com

³ Universidade Federal de Pelotas – cesaravellaneda@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

A durabilidade e vida útil das estruturas de concreto armado são um dos principais problemas enfrentados pela indústria da construção nas últimas décadas. Desta forma, busca-se soluções que possam aumentar a durabilidade e vida útil destas estruturas. Neste sentido surge a possibilidade da utilização de aditivos ou adições na produção do concreto com propriedades pozolânicas. A avaliação da atividade pozolânica de materiais de substituição de cimento está se tornando cada vez mais importante devido à necessidade de produtos de cimentação mais sustentáveis. Pois a indústria da construção civil tem capacidade de incorporar resíduos e subprodutos em vários de seus seguimentos. E o uso de resíduos com propriedades pozolânicas na produção de concreto é considerada como uma boa alternativa para destinação e estabilização de resíduos, além disso, estes materiais podem conferir melhoras em propriedades do concreto como resistência à compressão, durabilidade e retração (DWIVEDI *et al*, 2006; FRÍAS *et al*, 2012; PAYÁ *et al*, 2013; CORDEIRO *et al*, 2019; RAMEZANIANPOUR *et al*, 2019).

Neste sentido, surge a possibilidade da utilização da cinza de folha de bambu (bamboo leaf ash) (BLA) na produção de concretos em substituição parcial ao cimento. Pois a cinza da folha de bambu é um material pozolânico, de natureza amorfa que reage com o hidróxido de cálcio durante a hidratação do cimento Portland, formando silicato de cálcio hidratado (C-S-H), que é o principal componente de cimentação, e reduzindo a quantidade de Ca(OH)_2 , que é responsável pela deterioração do concreto. Assim, se um material pozolânico de boa qualidade em quantidades adequadas for adicionado durante a hidratação do cimento Portland, a qualidade da cimentação é aumentada, sendo este um caminho promissor para a obtenção de um concreto mais durável e de melhor desempenho (DWIVEDI *et al*, 2006; FRÍAS *et al*, 2012; MONTEIRO *et al*, 2017).

Neste sentido, este trabalho tem como objetivo realizar a produção, caracterização da cinza de folha de bambu, assim como apresentar resultados de coeficiente de difusão de cloretos em concretos produzidos com substituição parcial de cimento Portland por cinza de folha de bambu em porcentagens de 5, 10 e 15% verificando a influência da utilização desta adição mineral em relação ao coeficiente de difusão de cloretos no concreto.

2. METODOLOGIA

A pesquisa foi dividida em três etapas. A primeira etapa consiste basicamente na produção da cinza de folha de bambu, sendo utilizadas folhas de bambu da espécie *bambusa Tuldoidea*, por se tratar de um tipo de bambu bastante cultivado no Rio Grande do Sul. As folhas foram coletadas de forma manual no interior do

município de Canguçu. Após a coleta, as folhas foram submetidas ao processo de calcinação em forno mufla nas temperaturas de 500, 600, 700, 900 e 1000°C, durante o período de 2 horas. Foram definidas estas temperaturas de calcinação com o objetivo de verificar a influência da temperatura de calcinação nas propriedades do BLA. Finalizando a produção da BLA, a cinza passou pelo processo de moagem em moinho de bolas, utilizando a proporção de 5 kg de bolas para 1 kg de BLA, durante períodos de 1, 2, 3 e 4 horas, a fim de se obter um material com finura semelhante ao cimento Portland.

Na segunda etapa, foi realizada a caracterização da cinza de folha de bambu produzida na primeira etapa do estudo. Nesta etapa, foram determinadas as propriedades da cinza de folha de bambu por meio de análises de granulometria a laser, análise termogravimétrica (TG), análise de calorimetria exploratória diferencial (DSC), fluorescência de raio X, difratometria de raio X, índice de atividade pozolânica com cal, índice de desempenho com cimento Portland e reatividade da cinza por meio de Chapelle Modificado.

No final da segunda etapa foi definida a melhor forma de produção da cinza de folha de bambu com a determinação da temperatura de calcinação e tempo de moagem que apresentaram melhor desempenho nas análises realizadas na segunda etapa da pesquisa. Com a definição da melhor forma de produção da BLA, foi produzida quantidade suficiente para utilização na terceira etapa da pesquisa.

A terceira e última etapa da pesquisa consiste na utilização da cinza de folha de bambu na preparação de corpos de prova de concreto com substituição parcial do cimento por BLA nas porcentagens de 5, 10 e 15% em massa. Nesta etapa foi realizada a dosagem dos concretos, assim como moldagem e cura destes, até a data de realização dos ensaios. Sendo realizados ensaios de resistência à compressão, absorção de água por capilaridade e determinação do coeficiente de difusão de cloretos por meio da NT Build 492 (1999) e UNE 83987 (2012).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nos resultados obtidos para as análises e ensaios realizados é possível constatar que em alguns parâmetros a diferença na temperatura de calcinação não apresentou alteração significativa no material, já em outros parâmetros a temperatura de calcinação apresentou mudança no comportamento da cinza de folha de bambu.

A massa específica da BLA não sofreu alteração significativa com a variação da temperatura de calcinação. Porém com relação à análise de fluorescência de raio X a temperatura de calcinação apresentou algumas variações na composição mineralógica do material, em que a com a calcinação a 900 °C foi possível obter a maior porcentagem de pozolanacidade, entretanto nesta temperatura a cinza se tornou predominantemente cristalina. Desta forma, as temperaturas de calcinação de 900 e 1000 °C foram descartadas por se tratar de materiais cristalinos, visto que o material deve apresentar característica amorfa para ser utilizado como material pozolânico em substituição parcial ao cimento.

As temperaturas de calcinação de 500, 600 e 700 °C apresentaram resultados semelhantes em algumas análises e ensaios realizados, com a temperatura de 600 °C apresentando melhor desempenho em relação as demais. Desta forma, foi adotada a temperatura de calcinação de 600 °C e tempo de moagem de 4 horas para produção de folha de bambu utilizada na terceira etapa da pesquisa. O resultado de fluorescência de raios x é apresentados na Tabela 1, assim como

difração de raios-X e análise termogravimétrica (TG) são apresentados nas Figuras 1 e 2 respectivamente.

Tabela 1 – Resultado análise de fluorescência de raio X.

Element.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	LOI
Porcent.	53,99	nd	0,01	0,17	0,57	3,11	6,61	0,16	2,64	1,18	31,56

Nota: LOI representa a porcentagem de voláteis presentes na amostra.

Figura 1 – Análise de difração de raios-X cinza de folha de bambu.

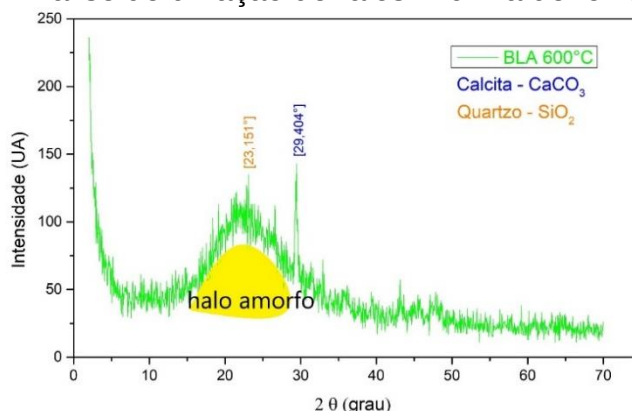
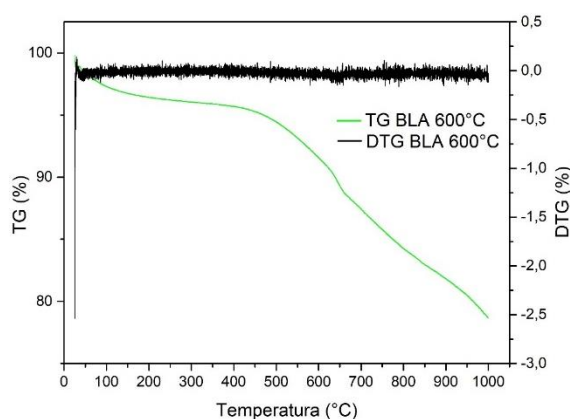


Figura 2 – Análise termogravimétrica TG.



Para os corpos de prova de concreto produzidos são apresentados na Tabela 2 os resultados obtidos para os ensaios de resistência à compressão (f_{cm}) por meio da NBR 5739 (ABNT, 2018) e coeficiente de difusão de cloretos no concreto (Dnssm) por meio da NT Build 492 (1999) para as idades de 28 e 90 dias, assim como a classificação quanto a penetração de cloretos no concreto aos 90 dias de acordo com Nilsson, Ngøe Gjörv (1998).

Tabela 2 – Resultados ensaios de resistência à compressão e coeficiente de difusão de cloretos no concreto.

Concreto	f_{cm} (MPa) 28 dias	f_{cm} (MPa) 90 dias	Dnssm($\times 10^{-12}$ m ² /s) aos 28 dias	Dnssm($\times 10^{-12}$ m ² /s) aos 90 dias	Classificação quanto a penetração de cloretos aos 90 dias
Referência	33,93	40,70	10,69	8,51	Baixa
BLA 5	36,63	43,57	7,83	5,08	Baixa
BLA 10	44,40	46,20	6,76	2,92	Muito Baixa
BLA 15	45,13	50,05	5,33	2,45	Desprezível

A partir dos resultados obtidos é possível constatar que a substituição parcial de cimento por BLA foi benéfica ao concreto, com ganho de resistência em relação ao concreto de referência e redução no coeficiente de difusão de cloretos no concreto (Dnssm) tanto aos 28 dias quanto aos 90 dias de idade em relação ao concreto de referência.

4. CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos foi possível concluir que a substituição parcial de cimento Portland por cinza de folha de bambu proporcionou aumento da resistência à compressão e diminuição do coeficiente de difusão de cloretos no concreto, o que acaba por aumentar a vida útil de estruturas de concreto armado. A substituição do cimento Portland por 15% de BLA proporcionou aumento de 22,97% em relação ao concreto de referência aos 90 dias de idade e redução no coeficiente de difusão de cloretos de 71,21.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS. **ABNT NBR 5739: Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos**. ABNT, Rio de Janeiro, 2018.
- BUILD, Nord Test. **492 - Concrete, mortar and cement-based repair materials: Chloride migration coefficient from non-steady-state migration experiments**. 1999.
- CORDEIRO, L.N.P.; PAES, I.N.P.; SOUZA, P.S.L.; AZEVEDO, C.M. Caracterização da cinza de caroço de açaí residual para adição ao concreto. **Ambiente Construído**, v. 19, n. 1, p. 45-55, 2019.
- DWIVEDI, V.N.; SINGH, N.P.; DAS, S.S.; SINGH, N.B. A new pozzolanic material for cement industry: Bamboo leaf ash. **International Journal of Physical Sciences**, v. 1, n. 3, p. 106-111, 2006.
- FRÍAS, M.; SAVASTANO, H.; VILLAR, E.; ROJAS, M.I.S.; SANTOS, S. Characterization and properties of blended cement matrices containing activated bamboo leaf wastes. **Cement and Concrete Composites**, v. 34, n. 9, p. 1019-1023, 2012.
- VILLAR-COCIÑA, E.; MORALES, E.V.; SANTOS, S.F.; SAVASTANO JR, H.; MONTEIRO, P.J.M.; MILLER, S.A.; HORVATH, A. Towards sustainable concrete. **Nature materials**, v. 16, n. 7, p. 698-699, 2017.
- NILSSON, L., NGO, M. H., GJØRV, O. E. High-performance repair materials for concrete structures in the port of Gothenburg. **In Second international conference on concrete under severe conditions: environment and loading**, Vol. 2, pp. 1193-1198, 1998.
- NORMA ESPAÑOLA, **UNE 83987: Determinación de los coeficientes de difusión de los iones cloruro en el hormigón endurecido. Método multiregimen**. Espanha, 2012.
- PAYÁ, Jordi; M., José M.; BORRACHERO, M.V.; VELÁZQUEZ, S. Pozzolanic reaction rate of fluid catalytic cracking catalyst residue (FC3R) in cement pastes. **Advances in cement research**, v. 25, n. 2, p. 112-118, 2013.
- RAMEZANIANPOUR, A.A.; GHIASVAND, E.; NICKSERESHT, I.; MAHDIKHANI, M.; MOODI, F. Influence of various amounts of limestone powder on performance of Portland limestone cement concretes. **Cement and Concrete Composites**, v. 31, n. 10, p. 715-720, 2009.