

## Estudo da durabilidade de placas cimentícias produzidas com resíduos de cerâmica vermelha

### Study of the durability of fiber cement boards produced with red ceramic residue

#### RESUMO

**Alice Maria Scalabrim**  
[scalabrimmariaalice@hotmail.com](mailto:scalabrimmariaalice@hotmail.com)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, Paraná, Brasil

**José Ilo Pereira Filho**  
[jlofilho@yahoo.com.br](mailto:jlofilho@yahoo.com.br)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, Paraná, Brasil

**Claudia Regina Bernardi Baldin**  
[claudiabaldin@utfpr.edu.br](mailto:claudiabaldin@utfpr.edu.br)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, Paraná, Brasil

Sabe-se que a indústria da cerâmica vermelha no Brasil gera grandes quantidades de resíduos de argila calcinada a cada ano, reutilizar esses resíduos no desenvolvimento de produtos com maior valor agregado, como na fabricação de placas cimentícias, pode favorecer o desenvolvimento sustentável, além de reduzir o uso de recursos não renováveis na fabricação de cimentos. Neste estudo foram avaliadas placas de fibrocimento produzidas com cimento CP V-ARI, fibras de celulose e polipropileno como reforço, bem como a adição de filler calcário e a substituição parcial do cimento por resíduo de cerâmica vermelha. As placas foram produzidas por meio do processo Hatschek adaptado para uso em laboratório. O material foi caracterizado por meio dos ensaios de absorção de água, porosidade aparente, massa específica e resistência mecânica à flexão. A durabilidade foi avaliada por ensaio de envelhecimento natural, onde as amostras foram expostas às condições climáticas ambientais por 60 dias.

**PALAVRAS-CHAVE:** Durabilidade. Placas de fibrocimento. Resíduo de cerâmica vermelha.

**Recebido:** 19 ago. 2019.

**Aprovado:** 01 out. 2019.

**Direito autorial:** Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



#### ABSTRACT

It is known that the red ceramic industry in Brazil generates large amounts of calcined clay residues every year, reusing these residues in the development of products with higher added value, such as in the manufacture of fiber cement boards with can favor sustainable development, besides reduce the use of nonrenewable resources in the manufacture of cements. In this study, it was evaluated fiber cement boards produced with CP V-ARI cement, cellulose fibers and polypropylene as reinforcement, as well as the addition of limestone filler and the partial replacement of the cement with red ceramic residue. The boards were produced using the Hatschek process adapted for use in the laboratory. The material was characterized by water absorption, apparent porosity, specific gravity and flexural strength tests. The durability was evaluated by natural aging test, where the samples were exposed to environmental climatic conditions for 60 days.

**KEYWORDS:** Durability. Fiber cement boards. Red ceramic residue.

## INTRODUÇÃO

A fabricação do cimento Portland gera um grande impacto ao meio ambiente, com elevada produção de gás carbônico, principalmente durante a produção do clínquer. Segundo (ABDI, 2012) cerca de 90% das emissões de carbono é gerado durante a produção do clínquer, os 10% restantes são produzidos pelo transporte e consumo de energia elétrica na fábrica. No Brasil, as indústrias de cimentos foram responsáveis por 29,6% das emissões de CO<sub>2</sub> em 2012.

Assim, surge a necessidade de estudos que visam a utilização de resíduos industriais com propriedades para substituições ou adições ao cimento Portland, sendo que os resíduos de cerâmica vermelha (RCV) vem recebendo grande atenção dos pesquisadores nos últimos anos, por apresentarem certa atividade pozolânica. Porém, Vieira (2005) afirma que um dos problemas relacionados à utilização do RCV é que a sua queima e a composição da matéria prima não são homogêneas.

Atualmente, há um interesse crescente no desenvolvimento de materiais compósitos, principalmente na produção de placas de fibrocimento para uso em sistemas industrializados. Segundo Savastano Jr. (2002) a produção mundial de compósitos cimentícios com reforço de fibras celulósicas, combinadas ou não a fibras plásticas é próximo à 430 milhões de m<sup>2</sup> ao ano, produção essa localizada em grande parte nos EUA e na Europa.

Para a avaliação da durabilidade o material é exposto ao envelhecimento natural, são analisadas as propriedades mecânicas e físicas antes e após o envelhecimento para verificar o efeito do tempo nas placas. Poucos trabalhos foram realizados em relação a longevidade destes novos materiais, por este motivo neste trabalho esse fator também é investigado.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Na realização da pesquisa os materiais utilizados foram o cimento Portland de alta resistência inicial (CP V-ARI), filler calcário, resíduo de cerâmica vermelha (RCV), fibras de celulose e fibras de polipropileno (PP). O cimento CPV ARI foi escolhido por conter um teor de clínquer elevado e ser mais reativo. Foi utilizado também o filler calcário como um material fino para o preenchimento dos vazios.

O resíduo de cerâmica vermelha é proveniente do descarte da indústria de blocos e telhas, localizada na região centro - oeste do estado do Paraná, onde o processo de queima varia entre 500 a 800° C. Esse resíduo foi moído em laboratório, sendo utilizado somente o material passante na peneira de 150 mm. Com massa específica aparente de 2,61 g/cm<sup>3</sup> e permeabilidade de 12902 cm<sup>2</sup>/g (Baldin, 2019).

Para determinação da mistura foram utilizados como base estudos realizados por Baldin (2019) no qual a fração em volume de RCV variou entre 0 e 50%. A partir de seus resultados decidiu-se utilizar frações de 20 e 30% por apresentarem os melhores resultados em relação a caracterização física e mecânica.

Tabela 2 – Fração em massa dos materiais na mistura

Material	Fração em massa (%)
Cimento Portland	47,73 – 64
RCV	0 – 16,27
Fíler Calcário	32
Fibras de Celulose	2,5
Fibras de PP + celulose	1,5

Autora (2019).

Para a fabricação das placas foi utilizado o método Hatschek modificado para uso em laboratório. Com um fator água/cimento final de aproximadamente 0,28 Caldas e Silva (2002).

A absorção de água, massa específica e porosidade aparente foram determinadas de acordo com as recomendações da norma ASTM C 948-81, utilizando a média de seis corpos de prova.

A resistência mecânica foi verificada por meio do ensaio de flexão de três pontos, utilizando a máquina universal de ensaio AROTEC, modelo WDW-100E, célula de carga de 100 KN, com velocidade de deslocamento 5,0 mm/min. Foi obtido o valor do módulo de ruptura (MOR) a partir da média de quatro corpos de prova.

Para o estudo da durabilidade os corpos de prova foram mantidos ao ar livre, sob ação da intempérie, em uma bancada com inclinação de 30% com a horizontal, voltados para o norte magnético, maximizando assim a incidência de raios solares. As amostras ficaram expostas por um período de 60 dias. Após os 60 dias foi realizado o ensaio de flexão de três pontos. As principais características climáticas do período foram temperatura média em fev./mar. 19 = 22,75 °C, e precipitação média no período = 160 mm/mês.

A difração de raios-X (DRX) representa a interação entre o feixe de raios-X incidente e os elétrons dos átomos componentes de um material. Foi realizada em amostras com 28 e 60 dias de hidratação, no equipamento da marca Rigaku, modelo Mini Flex.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores das propriedades físicas das placas foram determinados para cada porcentagem de resíduo de cerâmica vermelha em volume, conforme apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 – Valores médios das propriedades físicas aos 28 dias.

Identificação	% RCV	Absorção (%)	Massa específica (g/cm <sup>3</sup> )	Porosidade (%)
P1	0	23,87	1,50	37,03
P2	20	23,14	1,52	36,39
P3	30	22,31	1,52	35,14

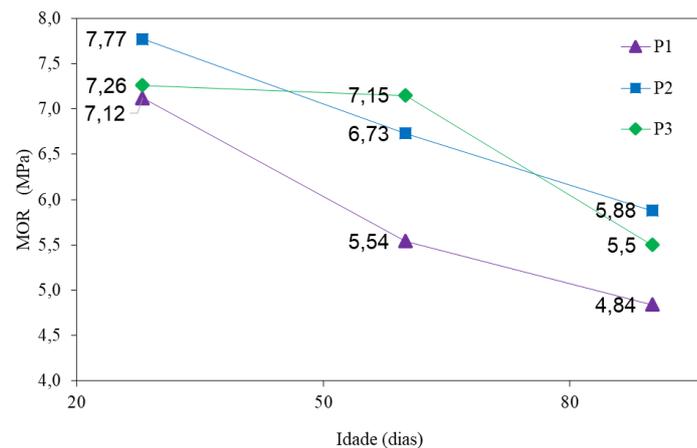
Fonte: Autora (2019).

Não ocorreu uma variação expressiva nos valores de densidade das placas, o que segundo Araujo (2017), pode ocorrer devido a maior retenção de água da mistura, ou também por um melhor empacotamento da matriz. Resultados parecidos foram apontados em Awoyera (2017), onde as densidades permaneceram sem grande variabilidade.

A absorção e a porosidade apresentaram uma pequena diferença e podem ser explicadas também por Araujo (2017) onde foi notado que o RCV não alterou o volume de poros/vazios permeáveis.

Na Figura 1 é possível observar o comportamento das placas em fibrocimento aos 28, 60 e 90 dias de hidratação, as placas com substituição de 30% de cimento por RCV se manteve praticamente constante em aos 60 dias em relação aos 28 dias, porém apresentou uma queda considerável aos 90 dias. Já as placas com substituição de 20% tiveram uma queda mais linear da sua resistência ao longo do tempo. Já as placas sem a substituição apresentaram uma resistência menor do que as anteriores em todos os casos.

Figura 1 – Módulo de ruptura à flexão em placas aos 28, 60 e 90 dias.

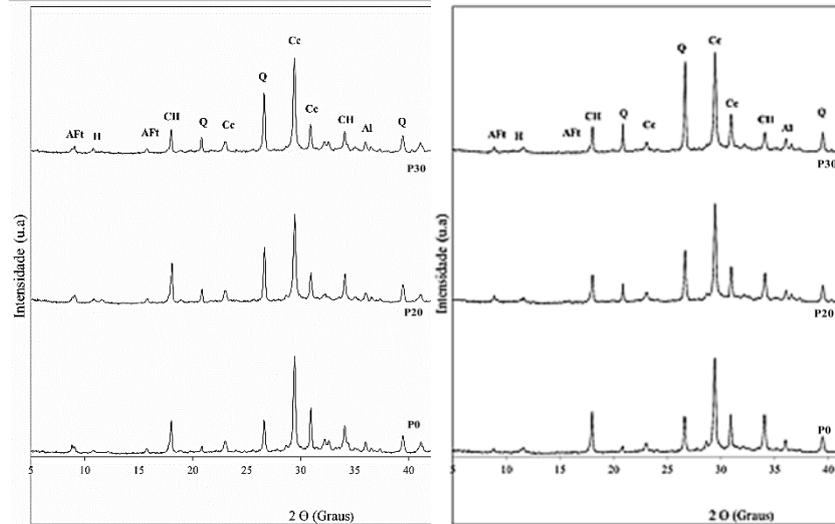


Fonte: Autora (2019).

Dessa forma, pode se evidenciar que a substituição do RCV pelo cimento em percentuais de 20% e 30% em volume podem contribuir na resistência mecânica.

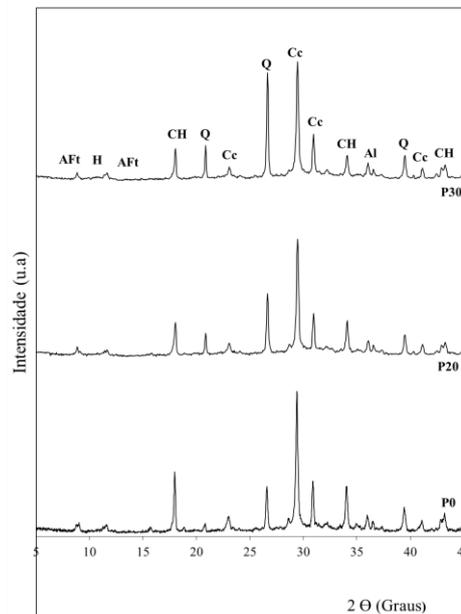
Para análise da durabilidade das placas foi realizado o ensaio de Difração de Raios X (DRX) nas amostras com 0%, 20% e 30% de substituição de cimento por RCV nas duas idades analisadas. As Figuras 3 e 4 demonstram os difratogramas das amostras com 28 e 60 dias, respectivamente.

Figura 2 – Difratoograma das amostras aos 28 e 60 dias, respectivamente.



Fonte: Autora (2019)

Figura 3 – Difratoograma das amostras aos 90 dias.



Fonte: Autora (2019).

A partir dos difratogramas percebe-se a formação de Etringita (AFt), Hidróxido de cálcio (CH), Carbonato de cálcio (Cc), Aluminato (Al), Quartzo (Q) e Hematita (H). Verifica-se que ocorre uma leve redução do Hidróxido de Cálcio conforme aumenta o teor de RCV, e uma elevação mais significativa nos picos cristalinos de Quartzo e Hematita nas amostras com 30% de RCV nas idades analisadas, o que confirma os resultados satisfatórios observados na resistência mecânica. De acordo com Anjos (2002), o uso de materiais como o RCV tende a diminuir o ataque às fibras, devido à redução na quantidade de hidróxido de cálcio na matriz, possibilitando aumento da durabilidade.

### CONCLUSÃO

Este trabalho teve por objetivo avaliar o comportamento de placas de fibrocimento em relação a durabilidade, considerando a resistência mecânica à flexão, características físicas e microestruturais.

A substituição do cimento pelo RCV não apresentou alterações significativas em relação a densidade, porosidade e absorção de água.

As amostras com 30% de substituição do cimento por RCV apresentaram os melhores resultados de resistência mecânica nas primeiras idades, entretanto aos 60 dias as placas contendo 20% de RCV se mostraram menos sensíveis aos efeitos do envelhecimento natural, corroborando com os resultados observados nos difratogramas de Raios X.

De forma geral pode se concluir que o uso do resíduo de cerâmica vermelha moído na fabricação de placas de fibrocimento tem um efeito benéfico na resistência a flexão, bem como na durabilidade.

### REFERÊNCIAS

- Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial – ABDI, Subsídios para a elaboração de uma estratégia industrial brasileira para a economia de baixo carbono: Caderno 3: Nota técnica cimento. São Paulo, 2012.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM) C 948-81. Test method for dry and wet bulk density, water absorption, and apparent porosity of thin sections of glass–fiber reinforced concrete. West Conshohocken (PA, USA); 1981
- A. de A. P. Vieira, “Estudo do aproveitamento de resíduos de cerâmica vermelha como substituição pozolânica em argamassas e concretos,” 2005. 129 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2005.
- H. Savastano JR., Sistemas de cobertura para construções de baixo custo: uso de fibras vegetais e de outros resíduos agroindustriais. 2002.
- C. R. B. Baldin, “Estudo da influência da substituição parcial do cimento por resíduos de cerâmica vermelha na transferência de calor em placas de fibrocimento,” 2019. 117 f. Dissertação – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2019.
- A. Caldas e Silva, “Estudo da durabilidade de compósitos reforçados com fibras de celulose,” 2002. 145 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.
- M. A. S. Dos Anjos, “Compósito à base de cimento reforçado com polpa de bambu - Caracterização física, mecânica e microestrutural,” 2002. 96f. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Engenharia Civil. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2002.
- P. O. Awoyera, A. R. Dawson, N. H. Thom, e J. O. Akinmusuru, “Suitability of mortars produced using laterite and ceramic wastes: Mechanical and microscale analysis”, Constr. Build. Mater., 2017.
- R. A. ARAÚJO, Influência da utilização de resíduo de cerâmica vermelha nas propriedades de argamassas mistas. [s.l.] 2017. 95 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Natal, RN, 2017.
- RIGAKU. Instrumento de difração de raio X para bancada – MiniFlex.