

Avaliação do potencial de pozolanicidade do resíduo cerâmico

Janaína Anne Mota Melo^[1], João Batista Duarte^[2] Leonardo do Nascimento Dias^[3], Sóstenes Rodrigues do Rêgo^[4], Vamberto Monteiro da Silva^[5], Wilson Acchar^[6]

[1] janaina.melo@ifpb.edu.br. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba/Unidade Acadêmica I.

[2] jbduart961@gmail.com. Universidade Federal do Rio Grande do Norte/PPGCEM. [3] leardonascimento1994@hotmail.com.

[4] sostenes_rego@yahoo.com.br. [5] vambertomonteirodasilva@yahoo.com.br. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba/Unidade Acadêmica I. [6] wacchar@gmail.com. Universidade Federal do Rio Grande do Norte/PPGCEM.

RESUMO

A indústria da construção civil ainda é responsável pela geração de um volume significativo de resíduos oriundos das argamassas, concretos e materiais cerâmicos. Destacam-se, nesse cenário, os resíduos de tijolos cerâmicos que podem ser incorporados na produção de novos materiais, tais como argamassas de assentamento e revestimento, concretos e tijolos ecológicos. Este processo de incorporação possibilita a redução dos percentuais de aglomerantes nessas composições e, conseqüentemente, a diminuição de custos e do consumo de recursos naturais não renováveis, além da redução da emissão de dióxido de carbono oriundo da fabricação do clínquer. Para isso, faz-se necessária a constatação científica do processo de atividade pozolânica, por meio dos seguintes ensaios: análise mineralógica por Difração de Raios X (DRX), análise granulométrica por peneiramento e sedimentação e análise química por Fluorescência de Raios X (FRX), e a constatação do consumo de $\text{Ca}(\text{OH})_2$, através do ensaio de Chapelle modificado. Os resultados obtidos mostraram que o resíduo de cerâmica, proveniente das alvenarias sem fins estruturais, apresenta altos teores de sílica (SiO_2), óxido de alumínio (Al_2O_3) e óxido de ferro (Fe_2O_3), podendo, devido sua elevada pozolanicidade, substituir parcialmente o cimento como aditivo pozolânico secundário.

Palavras-chave: Construção civil. Resíduo cerâmico. Pozolanicidade.

ABSTRACT

The construction industry is still responsible for generating a significant volume of waste from mortars, concrete and ceramic materials. We underline in this scenario the residue of ceramic bricks that can be used in the production of new materials, such as laying and coating mortars, concrete and ecological bricks. This usage allows the reduction of the percentage of binders in these compositions and, consequently, the reduction of costs, less consumption of non-renewable natural resources and the reduction of carbon dioxide emissions from clinker manufacture. In order to do so, it is necessary to make the scientific verification of the process of pozzolanic activity through the following experiments: X-ray Diffraction (XRD) mineralogical analysis, sieving and sedimentation particle size analysis, X-ray Fluorescence (FRX) chemical analysis and the verification of $\text{Ca}(\text{OH})_2$ consumption by the modified Chapelle experiment. The results showed that the ceramic residue from non-structural masonry has high levels of silica (SiO_2), aluminum oxide (Al_2O_3) and iron oxide (Fe_2O_3). Secondary pozzolanic additive.

Keywords: Construction. Ceramic waste. Pozzolanicity.

1 Introdução

Nas últimas décadas do século XX, diversas empresas foram submetidas à pressão proveniente de vários segmentos sociais e, por conseguinte, de modificações da legislação ambiental, em virtude da necessidade de elaboração de processos produtivos que consumam menor quantidade de energia e cujos resultados possam, ao final do seu ciclo de vida, ser reaproveitados, reciclados, ocasionando menores impactos ambientais.

A indústria da construção civil ainda é responsável pela geração de um volume significativo de resíduos oriundos das argamassas, concretos e materiais cerâmicos, com destaque para as perdas verificadas no transporte, armazenamento e uso dos tijolos cerâmicos e na execução de alvenarias de vedação. Essas perdas contribuem para a formação de entulhos que, às vezes, são descartados de forma inadequada no meio ambiente.

Nesse cenário, o resíduo cerâmico (RC) pode ser incorporado na produção de novos materiais, tais como argamassas de assentamento e revestimento, concretos, tijolos ecológicos, entre outros. Isso porque os altos teores de sílica e alumina na sua microestrutura poderão reagir quimicamente com o hidróxido de cálcio existente na fase portlandita, decorrente da hidratação do cimento e da cal, formando silicatos e aluminatos de cálcio. Esse processo possibilita a redução dos percentuais de aglomerantes nessas composições e, conseqüentemente, a diminuição de custos e do consumo de recursos naturais não renováveis, além da redução da emissão de dióxido de carbono oriundo da fabricação do clínquer.

A avaliação tecnológica do resíduo – aplicada na fabricação de um novo produto – exige sua caracterização química prévia, a qual possibilitará o direcionamento do aproveitamento de suas qualificações como fundente, pozolânico, isolante, condutor elétrico ou térmico etc. A investigação da atividade pozolânica requer a existência de percentuais significativos de sílica (SiO_2) e alumina (Al_2O_3) em uma forma desorganizada no resíduo estudado, possibilitando a formação de silicatos e aluminatos de cálcio hidratados, decorrentes da recombinação dos óxidos anteriormente citados com a fase portlandita gerada no processo de hidratação do cimento e da cal.

Segundo Garcia *et al.* (2015), os resíduos da cerâmica vermelha, produzidos na faixa de temperatura entre 700° C a 900° C, apresentam na

sua microestrutura a desidroxilação e o amorfismo dos argilominerais semelhantes, aqueles constatados nas metacaulinitas produzidas industrialmente. Quando devidamente cominuídos, esses resíduos representam uma boa alternativa como material substituto de parte do cimento Portland usado na fabricação do concreto ou na aplicação de solo-cimento em pavimentação e em tijolos, contribuindo para propiciar uma cadeia produtiva do cimento mais sustentável.

No entanto, a mensuração do potencial pozolânico no resíduo é bastante discutida no meio acadêmico, gerando muita polêmica, sendo contestadas algumas medidas indiretas. Entre estas, pode-se citar o índice de pozolanicidade com o cimento (ABNT, 2014a) e a cal (ABNT, 2015), que são medidas que analisam o desempenho de corpos de prova através de ensaios mecânicos de resistência à compressão simples. O aumento ou a redução desta propriedade pode ter relação com o fenômeno físico oriundo do grau de empacotamento das partículas ou com o efeito microfiller, proporcionado pelo refinamento dos poros da microestrutura formada.

A constatação científica do processo de atividade pozolânica exige uma análise detalhada e conjunta de dados resultantes dos diversos métodos de investigação da microestrutura dos materiais, entre os quais estão a Difração de Raios X, Fluorescência de Raios X e o ensaio de Chapelle modificado. Esta pesquisa científica tem, portanto, o objetivo de aferir, através das análises químicas e mineralógicas, o potencial pozolânico do resíduo cerâmico.

2 Referencial teórico

Uma das grandes preocupações da atualidade é o destino das imensas quantidades de resíduos gerados, principalmente dos resíduos industriais (PINTO *et al.*, 2014). Os principais problemas relacionados com a disposição de resíduos são: o comprometimento estético da paisagem, a ocupação de espaço, o custo do recolhimento-processamento e a degradação dos recursos naturais (MEDEIROS *et al.*, 2010).

Questões como reduzido valor e destinação final pouco nobre são constatadas na utilização dos resíduos como agregado para concretos ou na construção de bases de estradas, pois, com o controle de qualidade adequado, volumes expressivos de coprodutos industriais podem ser incorporados aos concretos e argamassas em forma de cimento Portland composto ou adição mineral, agregando maior valor ao resíduo (MEHTA; MONTEIRO, 2014).

Materiais que em sua composição são ricos em sílica e/ou alumina reativas e que apresentam uma granulometria fina podem, em geral, ser utilizados como pozolana em argamassas e concretos (PONTES; SILVA; FARIA, 2012).

Entende-se por atividade pozolânica a capacidade que uma determinada pozolana tem de reagir com o hidróxido de cálcio, isto é, quanto maior o percentual de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ transformado em silicato de cálcio hidratado pela pozolana, maior sua atividade (ABNT, 2014b).

Os mecanismos da ação pozolânica possibilitam a melhoria da matriz cimentícia frente ao ataque por espécies químicas ácidas, devido à substituição do hidróxido de cálcio, solúvel em meio aquoso, por silicatos de cálcio hidratados. Assim, pode-se evitar possíveis problemas de lixiviação (LEITE; MOLIN, 2002). As pozolanas também podem ser empregadas para reduzir o consumo de clínquer e, quando aplicadas com o cimento Portland, reduzem o calor de hidratação da reação, evitando possíveis fissuras nas argamassas, concretos e misturas de solo-cimento (MILANI, 2008).

Ali, Saidur e Hossain (2011) afirmam que a redução na quantidade de clínquer no cimento pode ser considerada com uma das formas mais eficazes para conter as emissões de CO_2 , pois a indústria cimentícia contribui com cerca de 7% do total de emissões de carbono na atmosfera terrestre (KUA; KAMATH, 2014).

Sebastiany (2014) avaliou a pozolanicidade de resíduos cerâmicos produzidos em laboratório pelo método da condutividade elétrica e verificou que todas as argilas calcinadas (700° C, 900° C e 1000° C) foram classificadas como materiais de elevada atividade pozolânica. Menciona, além disso, que a cerâmica calcinada a 700° C apresentou maior atividade pozolânica em relação às demais cerâmicas em todas as análises realizadas no seu estudo. Ainda de acordo com Sebastiany (2014), as análises realizadas nos materiais oriundos dos três gradientes de temperatura (700° C, 900° C e 1000° C) mostram que a temperatura de calcinação é diretamente proporcional à formação de picos cristalinos e, portanto, quanto maior a temperatura de calcinação, mais cristalino o material e, conseqüentemente, menos reativo.

Com relação à hidratação de pastas com substituição de cimento pelo resíduo cerâmico, Tydlitát *et al.* (2012) relatam que o calor de hidratação diminui significativamente com a substituição do cimento por esse tipo de resíduo, uma vez que a aplicação desse

material retarda a hidratação do C_2S . Esses autores também concluem que as substituições avaliadas têm efeito sobre a hidratação do cimento somente até o limite de substituição de 20% e que o percentual excedente atua essencialmente na forma de filler.

Meira *et al.* (2014) também assevera que a adição do resíduo cerâmico (RC) ao concreto tende a reduzir sua resistência mecânica. Porém, essa redução é minimizada ao longo do tempo, com o desenvolvimento das reações pozolânicas.

Pesquisas realizadas com resíduos de cerâmica vermelha nos polos industriais localizados no estado de São Paulo constataram o consumo do cálcio fixado nas amostras, confirmando a pozolanicidade do material utilizado (GARCIA *et al.*, 2014). A pesquisa desenvolvida por Palhares (2016), utilizando resíduos da indústria ceramista localizada no município de Itajá/RN, verificou que o somatório dos percentuais dos compostos de Sílica (Si), Alumina (Al) e Ferro (Fe) superaram o mínimo estabelecido pela NBR 12653 (ABNT, 2014b).

3 Metodologia

Nesta pesquisa, foi utilizado o cimento composto CP II F-32, adquirido na cidade de Natal-RN, pois este apresenta um teor significativo de filler calcário adicionado ao produto final.

A cal cálcica hidratada (CH-II) usada, conhecida comercialmente como Rebocal e fabricada no município de Campina Grande/PB, obedeceu às recomendações da NBR 7175 (ABNT, 2003) e da Associação Brasileira dos Produtores de Cal (ABPC).

O resíduo cerâmico (RC) foi coletado em obras de pequeno e médio porte, na cidade de Natal/RN, oriundos de tijolos cerâmicos produzidos na cerâmica Ouro Branco, localizada no município de Ielmo Marinho/RN. Após a coleta, o resíduo cerâmico foi transportado para laboratório e devidamente fragmentado em um moinho de bolas Q298, sendo, depois, passado nas peneiras de N° 200 (75 μm) e 325 (45 μm), respectivamente. Após a moagem e peneiramento, o material foi ensacado e armazenado no anexo do laboratório de Física Experimental da UFRN.

A metodologia de trabalho consistiu na caracterização das matérias-primas através das seguintes técnicas: ensaio de análise mineralógica por Difração de Raios X (DRX), análise química por Fluorescência de Raios X (FRX) e, ainda, análise

granulométrica por sedimentação e peneiramento no RC.

A parte experimental do estudo científico continuou com a preparação das seguintes soluções padrões: solução alcoólica de fenolftaleína-1g/L, solução alcoólica vermelho-demetila-1g/L, solução de sacarose-240g/L e solução padronizada de ácido clorídrico (HCl) -0,1 M. Em seguida, as amostras do resíduo cerâmico usadas, finamente pulverizadas e secas, foram ensaiadas de acordo com as exigências da NBR 15895 (ABNT, 2010) – Método de Chappelle modificado.

Iniciou-se a avaliação da reatividade do resíduo cerâmico pelo método Chappelle modificado (ABNT, 2010). Trata-se de um experimento originário da norma francesa, a qual apresenta alguns inconvenientes como a utilização de reduzidos percentuais de hidróxido de cálcio e intervalos de tempos na análise química, que não permitem a estabilização de compostos químicos envolvidos no processo.

Na versão brasileira modificada, a mistura foi ensaiada na proporção 1:1 em massa de material pozolânico (resíduo cerâmico) e óxido de cálcio, sendo a determinação do hidróxido de cálcio consumido no processo finalizada após 16 horas sob agitação e aquecimento a 90° C.

Inicialmente, o óxido de cálcio aplicado foi obtido da calcinação do carbonato de cálcio a 1000° C durante o período de 1 (uma) hora. O grau de finura do resíduo cerâmico (RC) e do óxido de cálcio (CaO) obedeceu às prescrições para realização desse ensaio, ou seja, teor máximo de 12% retido na peneira 325. Depois, uma solução com 1 g do RC, 1 g de CaO e 250 ml de água foi inserida em um Erleymeyer de plástico de 500 ml selado, para amenizar a ação do dióxido de carbono. O percentual de CaO livre foi mensurado por meio de titulação de cerca de 50 ml da solução com HCl 0,1 M e fenolftaleína (1g/l).

A etapa de caracterização física do RC foi realizada nos Laboratórios de Mecânica dos Solos e Materiais de Construção do IFPB e da UFRN. As análises químicas foram realizadas nos laboratórios da Pós-Graduação em Ciências e Engenharia dos Materiais (PPGCEM).

Concluída a parte experimental deste trabalho científico, os dados obtidos foram tabulados e analisados, visando contribuir para a elaboração de uma metodologia científica que proporcione uma avaliação mais precisa do grau de pozolanicidade do resíduo cerâmico, possibilitando uma destinação mais eficiente.

4 Resultados e discussões

A Tabela 1 apresenta os resultados obtidos por meio de FRX, trazendo a composição química de cada matéria-prima utilizada na pesquisa.

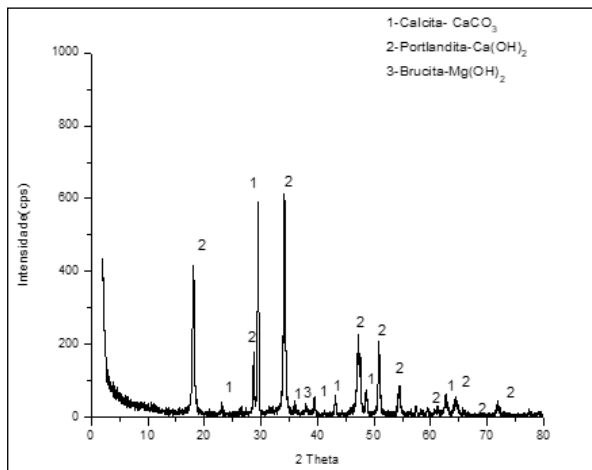
Tabela 1 – Composição química dos aglomerantes (cal e cimento) e RC

ÓXIDOS	CAL	CIMENTO	RC
SiO ₂	2,31	19,03	45,59
Al ₂ O ₃	0,75	4,60	35,69
Fe ₂ O ₃	0,47	3,22	7,82
MgO	6,43	3,20	4,11
CaO	88,3	60,84	1,46
K ₂ O	0,25	1,22	2,38
Na ₂ O	0,12	0,15	0,97
MnO			0,07
Mn ₂ O ₃		0,18	
Cr ₂ O ₅		0,01	
CuO			
SnO ₂	0,74		0,06
SrO	0,54	0,19	
SO ₃	0,34		0,59
P ₂ O ₅		0,16	
TiO ₂		0,27	0,94
ZnO		0,01	
ZrO ₂			0,06
V ₂ O ₅			

Fonte: Dados da pesquisa

Com relação à amostra da cal, verifica-se, na Tabela 1, um elevado percentual de óxido de cálcio (CaO), da ordem de 88,3%, e um valor médio de óxido de magnésio (MgO), da ordem 6,43%; tais índices classificam a cal como cálcica, tipo CH-II, conforme dispõe a NBR 7175 (ABNT, 2003), sendo justificado através do ensaio de DRX mostrado na Figura 1.

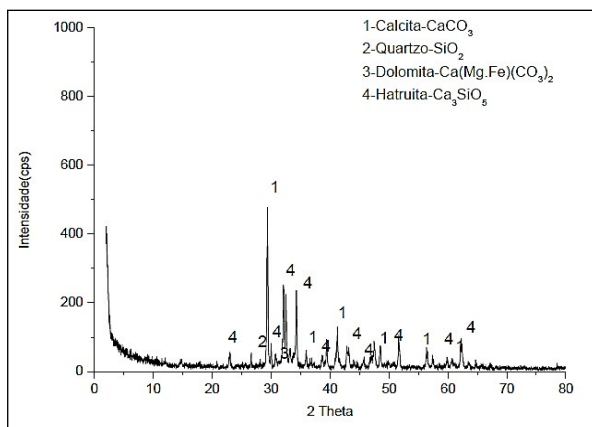
Figura 1 – DRX da cal



Fonte: Dados da pesquisa

Para o cimento utilizado, a Tabela 1 indica um percentual de óxido de cálcio (CaO) de 60,84%, o que confirma a adição de filler calcário. Através de DRX (Figura 2), verifica-se a presença das fases mineralógicas calcita, quartzo, dolomita e hatruita.

Figura 2 – DRX do cimento Portland



Fonte: Dados da pesquisa

Observa-se que o RC utilizado apresenta elevados teores de sílica (SiO₂), óxido de alumínio (Al₂O₃) e óxido de ferro (Fe₂O₃), sendo a soma destes correspondente a 89,1% da composição do material, superando o mínimo exigido em Norma, que equivale a 70% da composição para as pozolanas da classe N, conforme descrito na Tabela 2 a seguir.

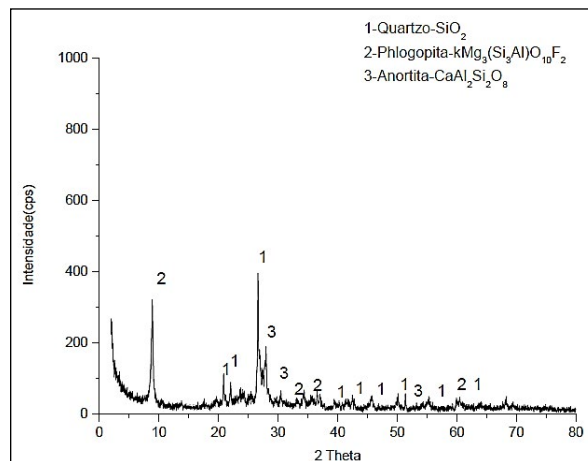
Tabela 2 – Especificações químicas e físicas dos materiais pozolânicos conforme NBR 12653/2014 e do RC

Propriedades	Classes de materiais pozolânicos			RC
	N	C	E	
SiO ₂ + Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃ , % mín.	70	70	50	89,1
SO ₃ , % máx.	4,0	5,0	5,0	0,59
Álcalis disponíveis em Na ₂ O, % máx.	1,5	1,5	1,5	0,97
Exigências físicas				
Material retido na # 325, % máx	34	34	34	32,75

Fonte: Dados da pesquisa

Além disso, a composição mineralógica do RC, representada na Figura 3, indica a presença das fases mineralógicas quartzo, phlogopita e anortita, confirmando a composição química do resíduo apresentada na Tabela 1.

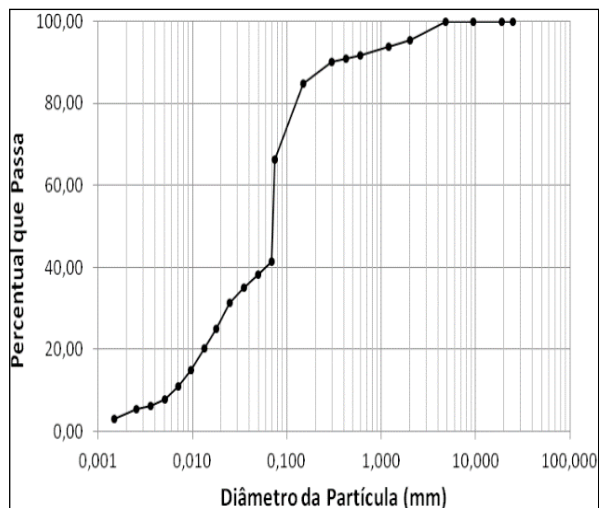
Figura 3 – DRX do RC



Fonte: Dados da pesquisa

Na análise granulométrica (Figura 4), verificou-se que o percentual de RC que passa na peneira N° 4 (4,8 mm) atingiu o valor de 99,92%, na de N° 40 (0,42 mm) foi 90,93% e na peneira N° 200 (0,075 mm) o teor foi 66,43 %. Além disso, o resíduo cerâmico apresentou um percentual de 32,75 % retido na peneira N° 325 (0,045 mm).

Figura 4 – Curva de distribuição granulométrica do RC



Fonte: Dados da pesquisa

Finalmente, a amostra em estudo apresentou um consumo de 589 mg (Ca (OH)₂/ g amostra) no ensaio realizado pelo método de Chapelle modificado.

As análises mineralógicas e químicas dos aglomerantes avaliados na pesquisa, ou seja, a cal hidratada e o cimento, apresentam significativos teores de óxidos de cálcio, na forma predominante de calcita, enquanto os óxidos de silício e alumina são preponderantes na microestrutura do RC.

Além desse aspecto qualitativo apresentado pelo resíduo, constatou-se que este é constituído de elevado volume de partículas com diâmetro entre 0,075 mm e 0,045 mm, possibilitando maior reatividade. No entanto, as microestruturas nele existentes podem estar na forma cristalina e não contribuir para formar novas fases através da combinação da sílica e alumina desorganizadas com a portlandita gerada no processo de hidratação do cimento e presente na constituição da cal hidratada.

Durante as reações de hidratação do cimento Portland e da cal, ocorre a produção de significativos teores do hidróxido de cálcio, em torno de 20% da massa dos compostos hidratados. Porém, esse composto químico contribui pouco para a melhoria das propriedades físicas e mecânicas quando comparados aos aluminatos e silicatos formados na pasta dos aglomerantes, sendo o primeiro solubilizado e lixiviado pela água. Logo, a combinação da sílica e alumina não cristalinas existentes na pozolana com a fase portlandita, provenientes dos mecanismos de hidratação da cal e/ou cimento, formarão

novos silicatos e aluminatos de cálcio hidratados e, conseqüentemente, elevarão a resistência mecânica e a durabilidade das composições de argamassas convencionais e dos concretos.

Como ocorreu um consumo de hidróxido de cálcio igual a 589 mg/g, e esse valor de atividade pozolânica é expressivamente (78,48%) superior aos limites estabelecidos nos parâmetros da NBR 15895 (ABNT, 2010), possivelmente as estruturas químicas que compõem o RC estão interagindo, possibilitando a formação de fase pozolânica no decurso do tempo.

As aplicações desse método, conjuntamente com as outras técnicas citadas, poderão formar uma metodologia de investigação científica que faça a avaliação das características pozolânicas de diversos materiais cerâmicos. Ressalta-se que existem diversos fatores como a composição das argilas aplicadas, os métodos usados na fabricação dos produtos finais e os patamares de temperatura durante o processo da calcinação que estão relacionados e influenciam na geração de materiais suplementares que serão aproveitados como aditivos pozolânicos.

5 Considerações

Através dos resultados e discussões acima apresentados, observou-se que o resíduo de cerâmica, proveniente das alvenarias de vedações, apresenta altos teores de sílica (SiO₂), óxido de alumínio (Al₂O₃) e óxido de ferro (Fe₂O₃).

Além disso, o percentual retido na peneira N° 325 cumpriu as exigências físicas (tabela 2), e o consumo de Ca (OH)₂ foi maior que o consumo mínimo (330 mg de Ca (OH)₂/g pozolana) para classes de materiais pozolânicos.

Dessa forma, conclui-se que o resíduo de cerâmica possui alto potencial para substituir parcialmente a cal e o cimento como material pozolânico secundário.

Diante da crescente necessidade de soluções técnicas, econômicas e ambientalmente corretas na construção civil, esta investigação aborda um estudo de grande relevância, subsidiando o desenvolvimento de novas pesquisas sobre o tema.

REFERÊNCIAS

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas.
NBR 5751: Materiais pozolânicos -Determinação de atividade pozolânica – Índice de atividade pozolânica com cal. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 5752:** Materiais pozolânicos -Determinação de atividade pozolânica – Índice de atividade pozolânica com cimento. Rio de Janeiro: ABNT,2014a.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7175:** Cal hidratada argamassa. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 12653:** Materiais Pozolânicos. Rio de Janeiro: ABNT, 2014b.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15895:** Materiais Pozolânicos- Determinação do teor de cálcio fixado-Método Chapelle modificado. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

ABPC - Associação Brasileira dos Produtores de Cal. **Programa setorial da qualidade de cal hidratada para a construção civil.** São Paulo: ABPC, relatório setorial nº 58, 2010.

ALI, M. B.; SAIDUR, R.; HOSSAIN, M. S. A review on emission analysis in cement industries. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 15, n. 5, p. 2252-2261, 2011.

GARCIA, E.; CABRAL JUNIOR, M.; QUARCIONI, V. A.; CHOTOLI, F. F. Avaliação da atividade pozolânica dos resíduos de cerâmica vermelha produzidos nos principais polos ceramistas do Estado de S. Paulo. **Revista Cerâmica**, n. 61, p. 251-258, 2015.

GARCIA, E.; CABRAL JUNIOR, M.; QUARCIONI, V. A.; CHOTOLI, F. F. Resíduo de Cerâmica Vermelha (RCV): Uma Alternativa como Material Pozolânico. **Revista Cerâmica Industrial**, n. 14, 2014.

KUA, H. W.; KAMATH, S. Na attributional and consequential lyfe cycle assessment of substituting concrete with bricks. **Journal of Cleaner Production**, v. 81, p. 190-200, 2014.

LEITE, M. B. MOLIN, D. D. Avaliação da atividade pozolânica do material cerâmico presente no agregado reciclado do resíduo de C e D. **Sitientibus**, Feira de Santana, n. 26, p. 111-130, 2002.

MEDEIROS, E. N. M de; SPOSTO, R. M.; NEVES, G. de A.; MENEZES, R. R. Incorporação de cinza de lenha, lodo de estação de tratamento de água e cinza de casca de arroz em massa cerâmica: utilização de técnica de planejamento. **Cerâmica**, v. 56, n. 340. p. 399-404, 2010.

MEHTA, P. K; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto:** estrutura, propriedades e materiais. São Paulo: IBRACON, 2014.

MEIRA, G. R.; FERREIRA, P. R. R.; JERONIMO, V. L.; CARNEIRO, A. M. P. Comportamento de concreto armado com adição de resíduos de tijolo cerâmico moído frente à corrosão por cloretos. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 14, n. 4, p. 33-52, out/dez. 2014.

MILANI, A. P. S. **Avaliação física, mecânica e térmica do material solo-cimento-cinza de casca de arroz e seu desempenho como parede monolítica.** Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

PALHARES, R. A. **Avaliação da Atividade Pozolânica dos Resíduos de Cerâmica Vermelha Produzidos no Vale do Assú/RN.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA E CIÊNCIA DOS MATERIAIS, 22., 2016, Natal/RN. **Anais** [...]. Natal: [s.n], 2016.

PINTO, R. L.; MIRANDA, G. C. M.; VELASCO, R. V.; SILVOSO, M. M. Análise comparativa de argamassas com incorporação de resíduos cerâmico e de rochas ornamentais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO-CBC, 56., 2014. Natal. **Anais eletrônicos** [...]. Natal, 2014. Disponível em CD-ROM.

PONTES, J. S.; SILVA, A. S.; FARIA, P. Contributos para a melhoria da durabilidade e sustentabilidade de argamassas e betões-avaliação da reatividade de pozolanas artificiais. In: CONGRESSO CONSTRUÇÃO, 4., 2012, Coimbra. **Anais** [...]. Coimbra: Universidade de Coimbra, 2012.

SEBASTIANY, L. D. Avaliação de métodos de determinação do potencial pozolânico de resíduos da indústria de cerâmica vermelha. 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2014.

TYDLITÁT, V.; ZÁKOUTSKÝ, J.; VOLFOVÁ, P.; CERNEY, R. Hydration heat development in blended cements containing fine-ground ceramics. **Thermochemica Acta**, v. 543, p.125-129.