

## AVALIAÇÃO DO USO DE RESÍDUO SIDERÚRGICO EM CORPOS CERÂMICOS

Alessandra Farias Formiga Queiroga<sup>1</sup>  
Francisco Aldo Marceno Maia<sup>2</sup>  
Nelly Vanessa Pérez Rangel<sup>3</sup>  
Barbara Amon Moreira<sup>4</sup>  
Maria Alexandra de Sousa Rios<sup>5</sup>

### INTRODUÇÃO

A indústria de Cerâmica vermelha é caracterizada pela fabricação de tijolos, blocos, elementos vazados, lajes, telhas e tubos cerâmicos. O referido segmento possui essa nomenclatura, em decorrência da coloração predominantemente vermelha. No Brasil, este setor é composto por 7.400 empresas que representa 4,8% da indústria da construção civil e geram mais de 300 mil postos de trabalho direto (ANICER, 2018).

A principal matéria-prima utilizada é a argila, que pode ser encontrada na superfície terrestre em seu estado puro ou conjugado a outros minerais. Segundo BALDUINO (2016), as argilas são formadas por rochas sedimentares, pela alteração dos silicatos de alumínio de origem magmática, metamórfica ou sedimentar e são constituídas por partículas finamente divididas, essencialmente por argilominerais, materiais terrosos de granulação fina que adquirem plasticidade ao serem hidratados. A ABCERAM (2016) estabelece que esses argilominerais são principalmente: caulita, illita e esmectitas, e o que os diferenciam são os tipos das estruturas e as composições químicas, as quais podem apresentar diferenças por conta da substituição do alumínio por magnésio ou ferro, e do silício por alumínio ou ferro.

O elevado consumo de matérias-primas e os custos envolvidos tem aumentado a busca pela redução destes e melhoria nos processos de produção de cerâmicas vermelhas, o qual têm motivado a divulgação de artigos científicos. Alguns traços (proporções das misturas utilizadas na produção dos blocos cerâmicos) estão sendo constantemente analisados, sempre com o intuito de buscar a melhor combinação matéria-prima/baixo custo de fabricação e melhores propriedades físico-químicas, bem como a inserção de resíduos de outros setores industriais, como forma de reduzir o consumo de argila e contribuir para a destinação desses resíduos.

PEDROTI (2011) afirma que, ao transformar matérias-primas de modo a torná-las úteis a sociedade, o homem produz quantidades apreciáveis de resíduos que no momento em que são produzidos, são inúteis e, ao longo do tempo, acabam por impactar o ambiente. Nesse sentido, muitas pesquisas estudam a utilização de resíduos, em sua maioria não biodegradáveis, na fabricação de cerâmicas vermelhas, como uma alternativa para a

<sup>1</sup> Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica PPGEM da Universidade Federal do Ceará – UFC, [aleformiga@yahoo.com.br](mailto:aleformiga@yahoo.com.br);

<sup>2</sup> Graduado do Curso de Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Ceará – UFC, [aldo\\_maia@hotmail.com](mailto:aldo_maia@hotmail.com);

<sup>3</sup> Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica PPGEM da Universidade Federal do Ceará - UFC, [nellyvanessaperez@gmail.com](mailto:nellyvanessaperez@gmail.com);

<sup>4</sup> Graduanda pelo Curso de Engenharia Química da Universidade Federal do Ceará - UFC, [barbara\\_amon@hotmail.com](mailto:barbara_amon@hotmail.com);

<sup>5</sup> Professora orientadora: Doutora em Química Inorgânica, Universidade Federal do Ceará - UFC, Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Mecânica, [alexandrarios@ufc.br](mailto:alexandrarios@ufc.br).

reciclagem dos mesmos e redução do impacto causado. VIEIRA *et al* (2016), por exemplo, estudou a reutilização de resíduo de vidro de lâmpada fluorescente na cerâmica vermelha e conseguiu obter melhoras nas propriedades físicas. GODINHO *et al* (2000) mostrou que resíduo de vidro de tubo de televisão diminui a absorção de água em telhas. MORETE *et al* (2006) avaliou a influência da adição de escória de soldagem nas massas cerâmicas e verificou que, este modifica significativamente as propriedades tecnológicas da mistura.

Diante do cenário de reaproveitamento, o Setor Siderúrgico produz toneladas de resíduos em forma de pó e uma opção para a disposição final deste, é a sua incorporação na indústria de cerâmica vermelha, uma vez que o pó possui metais pesados e componentes que não o tornam apropriado para reutilização no processo de produção do aço. Além disso, devido à classe do resíduo, o referido pó deve ser direcionado ao aterro sanitário, o que eleva sobremaneira o custo da destinação final.

Isso posto, o presente trabalho avaliou a utilização de corpos de prova argilosos, compostos por mistura de três componentes, quais sejam: argila plástica e não plástica, ambas extraídas de uma jazida de cerâmica vermelha em Itaitinga (Ceará), incorporadas de resíduo proveniente do processo de limpeza de gás do alto forno, especificamente do Ciclone, de uma Companhia Siderúrgica.

Esta pesquisa visa avaliar as propriedades físicas das massas argilosas a partir de resultados obtidos dos ensaios: retração linear total, perda de massa total, absorção de água, porosidade aparente e massa específica aparente, à luz das normas vigentes e comparar os resultados com ensaios previamente realizados em amostras sem o resíduo siderúrgico, usando análise estatística para avaliar se a variação dos resultados está ou não diretamente ligada à quantidade de resíduo adicionado às amostras.

## **METODOLOGIA E DESENVOLVIMENTO**

Para a realização do trabalho foram selecionados 10 kg de argila plástica e 10 kg de argila não plástica oriundas da jazida de Itaitinga (Ceará). Normalmente, esses minérios não se apresentam em um percentual inicial de 100% de argila, mas contêm outros tipos de partículas, em sua maioria sólidos, quais sejam: dejetos naturais, rochas não argilosas, etc. Portanto, uma seleção prévia foi realizada nas argilas de modo a retirar das mesmas os particulados.

Além disso, as argilas geralmente apresentam-se bastante compactas quando retiradas da jazida. Desta forma, após a seleção inicial, se fez necessária a redução de tamanho dos blocos de argila mais densos, para que os mesmos estivessem adequados para a trituração. Nesta etapa foi utilizado um triturador tipo BB 100 Mangan, da marca Retsch. De posse do material triturado, as argilas foram peneiradas com o auxílio de uma peneira nº 325 (44 µm).

Foram coletados também 20 kg de pó siderúrgico, provenientes do Ciclone do processo de lavagem do gás de alto forno de uma siderúrgica. O resíduo foi utilizado sem nenhum tratamento prévio, uma vez que apresentou composição homogênea e granulometria reduzida.

Foram produzidos 15 corpos-de-prova para cada percentual de resíduo, totalizando 45 corpos-de-prova. Os percentuais de resíduo adicionados a massa cerâmica foram 5, 7 e 10%. Cabe salientar que a massa cerâmica foi produzida com a mistura de 50% de argila plástica e 50% de argila não plástica. Neste material foi adicionado 10 % de água para facilitar a conformação e então colocados no molde metálico de dimensões 117,4 x 25 x 14,6 mm, no qual cada amostra foi submetida ao processo de prensagem, utilizando-se uma prensa hidráulica da marca Potente Brasil, sob pressão de 2 toneladas por 20 segundos, de acordo com a NBR 15270.

Após a conformação, os moldes foram submetidos à secagem em estufa (marca Medclave), por um período de 24 horas a 100 °C, para retirada da umidade. Em seguida foram sinterizadas em um forno elétrico (marca Linn Elektro Therm), utilizando três temperaturas 800, 850 e 900 °C. A queima foi realizada durante 1 hora, com taxa de aquecimento de 10 °C/min e o resfriamento foi feito a temperatura ambiente.

Foram realizados ensaios de retração linear, perda de massa, absorção de água, porosidade aparente e massa específica aparente. Na retração linear é calculada a variação percentual do comprimento das peças antes e após a queima, enquanto na perda massa é calculada a variação de massa, também em percentual, da massa antes e após e a queima.

O índice de absorção de água é o parâmetro que determina a capacidade do corpo-de-prova em absorver água. Como blocos cerâmicos são utilizados na construção civil, como estrutura de vedação, deseja-se que o corpo tenha uma baixa absorção de água. A ABNT NBR 15270-3 que trata de blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação, estabelece o procedimento padrão para a execução do ensaio de Absorção de Água.

Quanto a porosidade aparente (PA), Souza et al (2017) afirma que a porosidade aparente (PA) é o ensaio que quantifica, em percentual, o volume total de poros abertos em relação ao volume dos corpos-de-prova. No que se refere a massa específica aparente (MEA), essa é a razão entre a massa do corpo-de-prova e seu volume e é considerada com sendo a propriedade que quantifica o volume total de poros fechados, evidenciando assim a leveza, segundo Menezes *et al* (2016).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todos os resultados obtidos com resíduos foram comparados as amostras sem resíduo, pois estas serviram de referencial de qualidade. No ensaio de retração linear, como a linha de comparação por conveniência é sempre a condição sem resíduo, pode-se observar que nas três temperaturas de sinterização analisadas, as amostras com resíduo apresentaram resultados satisfatórios e não divergiram significativamente, em média, das amostras sem resíduo.

No ensaio de perda de massa total, para as três temperaturas, observou-se que as peças com resíduo perderam mais massa durante o processo, quando comparadas as amostras sem resíduo. Notou-se também que, considerando o erro padrão, não houve diferença entre as amostras com 5 e 7% de resíduo e, apesar das duas composições terem apresentado perdas de massa maiores que os corpos-de-prova sem resíduo, a diferença não foi significativa, mostrando que essas duas condições são satisfatórias para esse parâmetro.

Além disso, entre 800 e 850 °C foram observadas pequenas variações de perda de massa, corroborando com a afirmação de Moreno et al (2009) que considera que quanto maior o aumento da temperatura, maior a perda de massa.

Todos os resultados de absorção de água foram obtidos de acordo com a NBR 15270. Nestes, foi possível observar que todos os dados ficaram dentro da faixa indicada pela norma, de 8 – 25% de absorção. Entretanto, a amostra que apresentou a menor absorção de água foi a com 10% de resíduo. Por conter o maior percentual de resíduo, possui maior teor de carbono e metais pesados em sua composição, uma vez que o pó siderúrgico contém elevado percentual desses compostos químicos segundo estudo de Jacomino *et al* (2000), o que desfavorece a absorção de água.

Quanto à porosidade aparente, a amostra com 10% de resíduo apresentou a menor porosidade, confirmando o resultado de menor absorção de água. Nas temperaturas mais elevadas, não houve diferença significativa para as amostras com 5 e 7% de resíduo. Souza et al (2017) afirma que a porosidade aparente é a relação entre o volume de poros abertos e o volume do corpo de prova. Desta forma, deseja-se uma menor porosidade aparente. Assim,

para esta condição, o traço que continha 10% de resíduo apresentou resultados mais satisfatórios.

Os resultados da massa específica aparente foram inversamente proporcionais a PA, dentre os três traços estudados, as amostras que continham 10% de resíduo apresentaram maior MEA. No entanto, não foi observada divergência significativa entre os resultados das amostras com e sem resíduo.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados indicam que não houveram diferenças dimensionais significativas entre as amostras com resíduo e sem resíduo. Como não há diferença entre as dimensões, por consequência também não há divergências abruptas em se tratando de retrações volumétricas. Este resultado é satisfatório, uma vez que para produções em larga escala a redução dimensional implica em perda de matéria-prima.

Ademais, os resultados indicam que a adição do resíduo de pó de ciclone não tornou os blocos cerâmicos suscetíveis à temperatura, uma vez que não apresentaram variação considerável de perda de massa e retração.

As três proporções (5%, 7% e 10%) de resíduo não mostraram resultados com divergência significativa para o percentual de água absorvido, ao contrário das amostras sem resíduo, que reduziram o percentual de absorção com o aumento da temperatura. As amostras com 5 e 7% de pó siderúrgico não apresentaram também variações em 850 e 900 °C, apesar de absorverem mais umidade que a condição à 10%. Deste modo, o traço mais satisfatório, segundo esta análise, foi o de 10% de resíduo.

As amostras com 10% de resíduo se mostraram menos porosas e apresentaram resultados similares para as três temperaturas de sinterização. Além disso, para a queima a 800 °C, não divergiu significativamente da condição ideal sem resíduo. Desta forma, dentre os corpos-de-prova com resíduo siderúrgico, apresentou resultados mais satisfatórios para esta análise.

As amostras com as três proporções de resíduo não apresentaram variações significativas de Massa Específica Aparente, para as três temperaturas de queima. Como uma maior MEA é desejável, as amostras que apresentaram maiores resultados foram as com 10% de pó de ciclone.

Assim sendo, o traço mais desejável é o que continha 10% de resíduo em sua composição, pois apresentou menor absorção de água, menor porosidade aparente e maior massa específica aparente e, dentre as três amostras com resíduo, foi a que mais se assemelhou à condição ideal sem o resíduo.

**Palavras-chave:** Resíduo siderúrgico, cerâmica vermelha, pó de ciclone.

## AGRADECIMENTOS

A CAPES, pelo apoio financeiro e ao Aluno da Graduação em Engenharia Mecânica Marcos Vinícius Ferreira pela realização dos ensaios.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERAMICA (ABCERAM). **Informações técnicas e processos de fabricação.** Disponível em: <<https://abceram.org.br/processo-de-fabricacao/>>. Acesso em: 08 jan. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15270**: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação – terminologia, requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro: 2017.

BALDUINO, A. P. Z. **Estudo da caracterização e composição de argilas de uso cosmético**. 2016. 57 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Aplicadas a Saúde) - Universidade Federal de Goiás, Jataí, 2016.

GODINHO, K. O.; HOLANDA, J. N. F.; SILVA, A. G. P. Efeito da adição de vidro sobre propriedades de queima de uma argila vermelha. In: *Anais do 49º Congresso Brasileiro de Cerâmica, CBC, São Pedro-SP, CD-ROM*. 2005.

JACOMINO, Vanusa Maria Feliciano, et al. Controle ambiental das indústrias de produção de ferro-gusa em altos fornos a carvão vegetal. **Segrac**, 2002.

MENEZES, J. N.; VARELA, D.L.V.; VARELA, M.L., Avaliação da porosidade aparente e absorção de água da massa cerâmica para porcelanato em função da incorporação de resíduo de caulim. In: **60º Congresso Brasileiro de Cerâmica**, Natal, 2016.

MORENO, M.m.m.t. et al. Análise do Comportamento de Queima de Argilas e Formulações para Revestimento Cerâmico. **A Scientific Electronic Library Online - Scielo**, Rio Claro, v. 8, n. 55, p.286-295, ago 2009.

MORETE, G. F. et al. Avaliação de Algumas Propriedades Físico-Mecânicas de Corpos Cerâmicos Incorporados com Resíduo de Escória de Soldagem. **Revista Matéria**, Campos do Goytacazes, v. 11, n. 3, p.232-237, ago. 2006.

PEDROTI, Leonardo Gonçalves. **Desenvolvimento de Massa Cerâmica com o Uso de Resíduo de Granito para Obtenção de Blocos Cerâmicos Prensados de Encaixe de Matriz Argilosa**. 191 f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos do Goytacazes, 2011.

SOUSA, João Batista Monteiro et al. Análise de porosidade aparente na fabricação de porcelanato utilizando resíduos de caulim e granito sinterizados a temperatura de 1250 °C. **CONTECC**. Belém: Soea, 2017. p. 1 - 5.

VIEIRA, C.m.f. et al. Teste industrial de cerâmica vermelha incorporada com resíduo de vidro de lâmpada fluorescente. **A Scientific Electronic Library Online - Scielo**, Rio de Janeiro, v. 62, n. 364, p.376-385, dez. 2016