DESENVOLVIMENTO DE REFRATÁRIOS UTILIZANDO SÍLICA DA CASCA DE ARROZ: UMA ALTERNATIVA EFICIENTE E SUSTENTÁVEL

André Sfalcin [1]

Guilherme Rocha da Silveira [2]

Renan Rodrigues Marchezan [3]

Débora Bretas Silva [4]

Ederli Marangon [5]

Marco Antonio Durlo Tier [6]

Resumo:

Um resíduo industrial que é descartado incorretamente na natureza é a casca de arroz. No entanto, descobriu-se que mediante a queima controlada da casca de arroz obtém-se a cinza da casca de arroz que, em sua maior parte, é composta por sílica e apresenta boas propriedades, sendo assim um produto de interesse comercial. Decidiu-se, portanto, empregar a sílica proveniente da queima da casca de arroz para a produção de cerâmicas refratárias juntamente com uma argila enriquecida em alumina, com o intuito de preservar o meio ambiente e melhorar as propriedades dos tijolos cerâmicos refratários. Anteriormente já foram realizadas pesquisas semelhantes. No entanto, a argila empregada era uma argila caulim. O uso da argila enriquecida em alumina, por sua vez, justifica-se pelo fato de a mesma reagir com a sílica a elevadas temperaturas, propiciando a formação da fase cristalina mulita, que melhora o desempenho do refratário. A substituição da sílica na mistura foi efetuada em volume. Foram inicialmente determinados parâmetros de caracterização da argila, como a massa específica, seguidos de parâmetros de moldagem, como volume de mistura e umidade ótima. O processo de fabricação dos corpos de prova foi de prensagem em um sistema macho - fêmea. Foram fabricadas amostras com as porcentagens de volume de argila substituído por sílica de 0%, 12% e 15% para serem testadas à temperatura máxima de 900° C, 1000° C, 1100° C e 1200° C. Foram moldados 4 corpos de prova de cada porcentagem para cada temperatura, totalizando 48 amostras. A rampa de queima utilizada foi a mesma de trabalhos anteriores do mesmo seguimento, bem como outras definições, para fins comparativos, apenas com a taxa de aquecimento alterada para 3° C por minuto. A pressão de compactação foi de 42,5 MPa. Após a prensagem as amostras ficavam secando ao ar em uma câmara climática por 2 semanas, passavam por 24 horas na estufa a aproximados 105°C para eliminar possíveis resquícios de umidade e eram levadas ao forno para a queima. Após a queima foram realizados ensaios físicos e mecânicos. Por fim, concluiu-se que o emprego da sílica é satisfatório, pois apresentou melhoras em relação aos corpos de prova moldados sem sílica em propriedades como porosidade, absorção de água e resistência à tração, além de dar um destino a um resíduo poluente. A porcentagem de sílica com resultados mais benéficos, de modo geral, foi de 12% para uma temperatura de 1100°C.

Palavras-chave: SÍLICA, REFRATÁRIOS, MEIO AMBIENTE, EFICIÊNCIA, PROPRIEDADES

Modalidade de Participação: Iniciação Científica

DESENVOLVIMENTO DE REFRATÁRIOS UTILIZANDO SÍLICA DA CASCA DE ARROZ: UMA ALTERNATIVA EFICIENTE E SUSTENTÁVEL

[1] Aluno de graduação. andremelosfalcin123@gmail.com. Autor principal

[2] Discente. guilherme230496@gmail.com. Co-autor

[3] Discente. renan.marchezan@gmail.com. Co-autor

[4] Engenheira Mestranda. deborabretas13@gmail.com. Co-autor

[5] Docente. ederlimarangon@gmail.com. Co-orientador

[6] Docente. marcotier@unipampa.edu.br. Orientador

DESENVOLVIMENTO DE REFRATÁRIOS UTILIZANDO SÍLICA DA CASCA DE ARROZ: UMA ALTERNATIVA EFICIENTE E SUSTENTÁVEL

1 INTRODUÇÃO

Um resíduo industrial que é descartado incorretamente na natureza é a casca de arroz. Mediante a sua queima controlada é possível a geração de energia elétrica obtendo-se assim, a cinza da casca de arroz que, em sua maior parte, é composta por sílica, sendo assim um resíduo de interesse comercial. No presente trabalho, utilizou-se a cinza da casca de arroz e argila aluminosa para a produção de cerâmicas refratárias, com o intuito de preservar o meio ambiente e melhorar as propriedades dos tijolos cerâmicos refratários. O uso da argila enriquecida em alumina justifica-se pelo fato de a mesma reagir com a sílica a elevadas temperaturas, propiciando a formação da fase cristalina mulita, que melhora as propriedades termomecânicas do material.

2 METODOLOGIA

Primeiramente foi necessário conhecer a massa específica da argila para desenvolver um traço e posteriormente moldar as amostras. Para tal, seguiu-se o procedimento da NBR NM 52. A sílica utilizada foi fornecida pelo grupo Pilleco Nobre e já possuía seu valor de massa específica previamente conhecido.

Após a determinação da massa específica, foi necessário identificar a umidade ótima de compactação para criar um traço, visando a fabricação dos corpos de prova.

O método utilizado para a confecção das amostras foi o da prensagem uniaxial, através de um sistema macho-fêmea acoplado em um equipamento de ensaio universal da marca Instron e de acordo com as especificações da NBR 7182. O sistema macho-fêmea utilizado possui a capacidade de produzir 3 CPs por vez em formato prismático retangular, sendo que cada cavidade da matriz tem dimensões de 150 mm de comprimento, por 30 mm de largura e 50 mm de altura.

Para a identificação da umidade ótima foram moldados 3 CPs para cada um dos seguintes teores em massa: 15%, 18%, 20%, 22% e 25% de água na mistura. A pressão de compactação aplicada na fabricação das amostras foi de 42,5 MPa.

Definiu-se, então, um traço para iniciar o processo de fabricação dos CPs. A massa específica obtida em laboratório foi a massa específica dos grãos, ou seja, não incluía o índice de vazios preenchidos por ar dentro da amostra. Dessa forma, era necessário estipular um volume que, após a compactação da mistura na pressão previamente especificada, resultasse em um CP com dimensões aceitáveis e padronizadas.

Para a definição do volume dos CPs, foram testados os valores de 60, 80 e 100 cm^3 de mistura. A composição foi feita em um misturador planetário, dentro do qual foram introduzidas a argila e a sílica e, posteriormente, a água. Foram confeccionadas amostras com 0%, 12% e 15% da argila substituída por sílica. Vale ressaltar que antes de cada mistura os compostos foram secos em estufa por um período de 24 horas a uma temperatura de 105 +- 5° C, visando eliminar a umidade ali já existente.

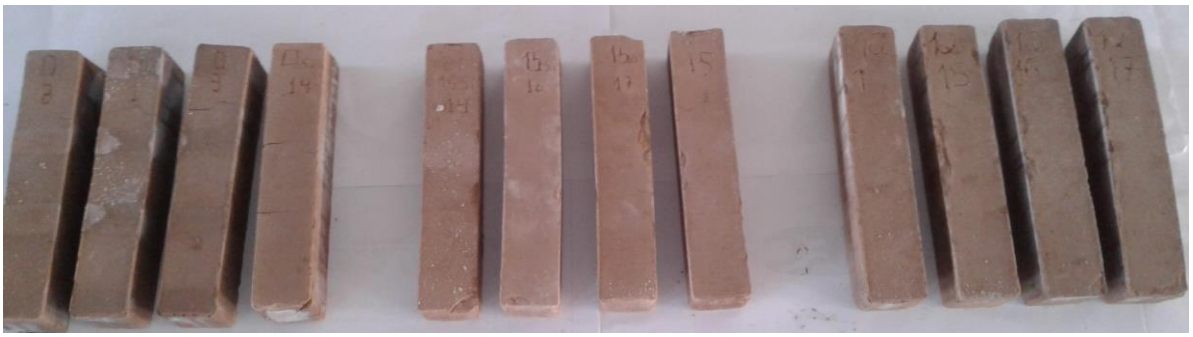
Após serem compactadas, as amostras foram identificadas e alocadas em uma câmara climática desligada por um período de 20 dias, para evitar a perda de umidade acelerada, como efetuado nos trabalhos de Sobrosa (2014), Stochero (2015) e Nunes (2017).

Nos trabalhos supracitados, a queima dos CPs foi feita com temperatura máxima de 1300 C°, passando por uma rampa de aquecimento de 3 patamares. Primeiramente, tentou-se utilizar os mesmos parâmetros. No entanto, constatou-se que a aplicação dos mesmos à argila

com alumina era inadequada, pois os CPs se deterioravam durante a queima, o que sugere temperaturas muito elevadas e taxas de aquecimento demasiadamente aceleradas. Diante disso foram efetuados testes preliminares, através dos quais concluiu-se que a melhor rampa de aquecimento acontecia com uma taxa de 3° C/min, sendo mantidos os outros parâmetros, com exceção da temperatura máxima. Tal escolha também teve como base o trabalho de Pereira et al (2002), o qual demonstrou que uma taxa de aquecimento menor reduz as tensões internas geradas durante a queima, evitando assim o surgimento de trincas.

As temperaturas máximas testadas foram 900° C, 1000° C, 1100º C e 1200° C. Foram moldados 4 CPs para cada porcentagem de sílica e cada temperatura máxima de aquecimento, totalizando 48 amostras. Antes da queima e após a secagem de duas semanas, todas as amostras foram postas em uma estufa a 105 +- 5° C por um período de 24 horas para a remoção da umidade remanescente. A queima foi realizada em um simulador de queima para cerâmica da marca Inti, modelo FRQ 1300/3.

Figura 1 – Algumas amostras após o processo de queima.



Fonte: do autor, 2018.

Para a análise das propriedades físicas das amostras foram realizados os seguintes ensaios como base na norma NBR 16661/2017: retração linear de queima, volume aparente, volume aparente da parte sólida, densidade de massa aparente, densidade de massa aparente da parte sólida, porosidade aparente e absorção. Para a identificação das propriedades mecânicas os CPs foram submetidos a ensaio de tração na flexão em 3 pontos segundo a NBR 5014/2012. Todos os ensaios foram executados na Unipampa Alegrete.

Figura 2 – Corpo de prova em ensaio de tração por flexão em 3 pontos



Fonte: do autor, 2018.

3 RESULTADOS e DISCUSSÃO

A massa específica encontrada foi de 3,0324 g/cm^3, enquanto a argila utilizada por Sobrosa (2014) possuía uma massa específica de 2,73 g/cm^3.

Para a umidade ótima o valor tido como mais adequado foi o de 20% da massa da mistura, pois foi a umidade na qual o refratário não gruda nem esfarela, apresentando uma maior integridade física. O volume de matéria prima escolhido para confeccionar os corpos de prova foi de 80 cm^3, pois resultava em um volume de material solto que cabia no molde e terminava com dimensões satisfatórias após a compactação.

Quanto ao aspecto visual, as amostras que foram queimadas a 1200° C apresentaram uma certa deterioração, tornando inviável a utilização dessa temperatura. Apenas alguns CPs ficaram com uma estrutura que pudesse ser ensaiada. Com as demais temperaturas os corpos de prova apresentaram um aspecto visual aceitável, ou seja, dimensões aceitáveis, baixo número de fissuras e superfície regular.

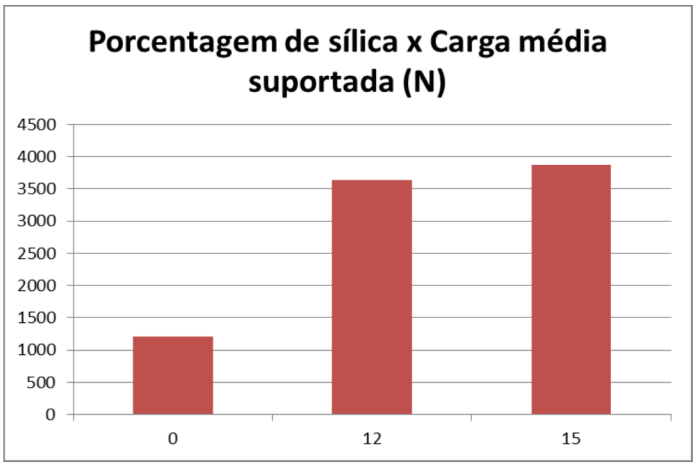
Os resultados obtidos com os ensaios podem ser vistos na tabela abaixo.

Tabela 1 – Propriedades físicas e mecânicas dos CPs

Temperatura	Porcentagem de sílica	Densidade de massa aparente média (g/cm³)	Porosidade aparente média (%)	Absorção média(%)	Retração linear de queima média (mm)	Carga suportada média (N)
1200,00	12,00	2,08	14,10	6,81	17,83	2232,33
1200,00	15,00	1,91	14,11	7,41	21,90	178,40
1200,00	0,00	2,57	2,94	1,15	21,30	678,37
1100,00	12,00	2,34	9,52	4,28	14,80	3640,22
1100,00	15,00	2,29	9,93	4,38	17,04	3876,94
1100,00	0,00	2,40	17,29	7,25	15,15	1208,46
1000,00	12,00	2,12	22,26	10,50	11,31	1092,14
1000,00	15,00	2,11	23,14	10,96	13,28	1821,80
1000,00	0,00	2,22	24,41	11,03	13,94	1537,19
900,00	12,00	2,01	29,25	14,57	9,78	1505,32
900,00	15,00	2,03	22,69	11,31	12,25	2600,59
900,00	0,00	2,12	27,49	12,99	13,03	1978,92

Fonte: do autor, 2018.

Gráfico 1 – Relação da carga média suportada com a porcentagem de sílica para os CPs queimados a 1100° C



Fonte: do autor, 2018.

Ao analisar os dados de retração linear é possível observar que a mesma cresceu com o aumento da temperatura de queima. Isso pode ser explicado pelos trabalhos de Bragança e Bergmann (2004) e Amrane et al. (2011), que afirmam que em temperaturas elevadas, inicia-se a formação de fase líquida em decorrência da fusão parcial dos elementos menos refratários, promovendo assim uma maior retração através da aproximação das partículas. A porcentagem de sílica que apresentou a menor retração foi 12%, para todas as temperaturas. Provavelmente essa seja a porcentagem que promova um melhor empacotamento para a mistura, reduzindo o teor de compostos, como o quartzo, em excesso e retardando a formação da fase líquida.

Quanto à absorção e porosidade os menores resultados também foram para as amostras com 12% de sílica. Nota-se que quanto maior a temperatura final de queima, menores foram esses valores. Os estudos realizados por Andreola et al. (2013) e Kolli et al. (2007) sugerem que, com uma temperatura mais elevada, ocorre a formação da fase líquida, na qual a alumina reage com a sílica e propicia a formação de mais fase mulita, sendo a última responsável por um melhor desempenho e empacotamento do cerâmico refratário. Em contrapartida, as maiores densidades de massa aparente foram observadas para CPs sem nenhuma adição de sílica.

Em comparação com trabalhos anteriores feitos com a argila caulim, como os de Sobrosa (2014), Stochero (2015) e Nunes (2017), a retração linear foi bem semelhante. A porosidade dos corpos de prova com a argila enriquecida em alumina, no entanto, foi significativamente superior apesar de a pressão de compactação ser mais elevada, provavelmente por causa das características da própria argila.

Ao analisarmos a carga máxima suportada no ensaio de tração na flexão em 3 pontos, observa-se que o emprego da sílica foi altamente positivo para todas as temperaturas, tornando-se maior com o aumento da mesma. Isso explica-se com as referências de Andreola et al. (2013) e Kolli et al. (2007), que afirmam que em temperaturas mais elevadas a reação da alumina com a sílica propicia uma maior formação de mulita.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Quanto à retração linear de queima, o emprego de sílica justifica-se pelo fato de as amostras com 12% apresentarem um melhor resultado, ou seja, uma menor retração. Quanto à porosidade e absorção, o emprego da sílica justificou-se pois novamente os melhores resultados foram vistos com 12%. Os melhores dados de densidade, porosidade e absorção foram verificados com a temperatura de 1100° C.

Analisando os dados de resistência à tração na flexão em 3 pontos, observamos que os melhores foram obtidos com o emprego de sílica, alguns casos 12% e outros 15%. Destacam-se, no entanto, os resultados obtidos a 1100° C com o emprego de sílica, para os quais alguns refratários chegaram a ultrapassar o limite de 5000 N do equipamento sem romper.

Conclui-se, portanto, que o emprego da sílica proveniente da queima controlada da casca de arroz é benéfico para a produção de cerâmicas refratárias com argila enriquecida em alumina pois, além de contribuir com a limpeza do meio ambiente, melhora as propriedades da cerâmica, como era almejado. Os melhores resultados, de modo geral, foram verificados com o emprego de 12% do volume de argila substituído por sílica e uma temperatura final de 1100° C.

Como sugestão para trabalhos futuros pode-se dizer que a pesquisa poderia ser refinada através do teste de temperaturas intermediárias como 1150° C e 950° C, buscando uma maior precisão. Além disso, poderia ser realizada uma análise química mais criteriosa da argila, buscando aproveitar ao máximo as composições da mesma para melhorar ainda mais o desempenho das amostras.

REFERÊNCIAS

Monografias, Dissertações e Teses

NUNES, A. S. **Desenvolvimento de cerâmicas refratárias com substituição da argila refratária por sílica da casca de arroz, microfibras cerâmicas e fibras de aço: caracterização das propriedades físicas, mecânicas e térmicas**. 2017. 116 p. Dissertação (Mestrado em Engenharias) - Universidade Federal do Pampa - Programa de Pós-graduação em Engenharias - PPEng, Alegrete- RS, 2017.

SOBROSA, F. Z. **Desenvolvimento de materiais cerâmicos refratários com adição da sílica residual proveniente da queima da casca de arroz**. 2014. 130 p. Dissertação (Mestrado em Engenharias) - Universidade Federal do Pampa - Programa de Pós-graduação em Engenharias - PPEng, Alegrete- RS, 2014.

STOCHERO, N. P. **Desenvolvimento de Cerâmica Refratária com Fibras de Aço e Sílica Residual Proveniente da Queima da Casca de Arroz**. 2015. 129 p. Dissertação (Mestrado em Engenharias) - Universidade Federal do Pampa - Programa de Pós-graduação em Engenharia - PPEng, Alegrete- RS, 2015.

Artigos em Periódico Técnico-Científico

ANDREOLA, F et al. Technological properties of glass-ceramic tiles obtained using rice husk ash as silica precursor. **Ceramics International**. v. 39, n. 5, p. 5427–5435, 2013.

AMRANE, B et al. Experimental study of the thermo-mechanical behavior of alumina-silicate refractory materials based on a mixture of Algerian kaolinitic clays. **Ceramics International**. v. 37, n. 8, p. 3217–3227, 2011.

BRAGANÇA, S. R; BERGMANN, C. P. Microestrutura e propriedades de porcelanas. **Cerâmica**. v. 50, n. 316, p. 291–299, 2004.

KOLLI, M *et al.* Elaboration and characterization of a refractory based on Algerian kaolin. **Ceramics International**, v. 33, p. 1435–1443, 2007.

ONOJAH, A D; AGBENDEH, N A; MBAKAAN, C. Rice husk ash refractory: the temperature dependent crystalline phase aspects. **International Journal of Research and Reviews in Applied Sciences**, v. 15, n. 2, p. 246–248, 2013.

PEREIRA, R.; TORRES, A. A.; AKIYOSHI, M. M.; PANDOLFELLI, V. C. Avaliação das taxas de aquecimento em materiais refratários: comparação entre simulações físicas e cálculos computacionais. **Cerâmica**, 48 (306), 2002.