

## UTILIZAÇÃO DO RESÍDUO DO GRANITO E DOS PRODUTOS DA COMBUSTÃO DO CARVÃO MINERAL EM UMA FORMULAÇÃO DE MASSA PARA REVESTIMENTO CERÂMICO

Silva, S. A.; Pinheiro, H. S.; Nogueira, R. E. F. Q.; Teixeira, J. C.; Albuquerque,  
J. S. V.; Nobre, A. I. S.

Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais - Bloco 714, Campus  
do Pici CEP 604555-760, Fortaleza - CE Universidade Federal do Ceará –  
Centro de Tecnologia.

Rua Olímpio de Noronha, 422, Itaperi - CEP: 60761580, Fortaleza – CE.

[suelinha.silva@hotmail.com](mailto:suelinha.silva@hotmail.com)

### RESUMO

*O aproveitamento de resíduos do granito para a produção de revestimentos cerâmicos vem sendo proposto como uma alternativa para o desperdício de matéria-prima na indústria. Por outro lado, durante a queima de carvão mineral em termoelétricas, são gerados os Produtos da Combustão do Carvão Mineral (PCC's). Tais resíduos têm sido estudados, por apresentarem aplicações na fabricação de cerâmicas. O objetivo deste trabalho foi analisar a viabilidade da utilização dos resíduos do granito Asa Branca (RGAB) como matéria prima, adicionando PCC's, nas concentrações de 0%p, 10%p, 20%p, como fase reforço, na fabricação de revestimento cerâmico. Para a caracterização foi utilizada a Fluorescência de Raios-X, Contração Superficial e Mássica, na qual aumentaram com o acréscimo de PCC's e Absorção de Água, onde todos os corpos de prova sinterizados o resultado foi inferior a 0.5%. Os resultados obtidos permitiram concluir que o uso dos RGBA com a adição de PCC's para a fabricação de revestimento cerâmico é viável.*

*Palavras-chaves: Carvão mineral, PCC's, cerâmicas.*

## INTRODUÇÃO

O aproveitamento de resíduos das mais diversas atividades industriais é reconhecidamente indispensável para a preservação do meio ambiente, e vem se tornando uma atividade lucrativa, contribuindo, muitas vezes, para a redução de custos de certos materiais.

A quantidade e o número de tipos de resíduos, rejeitos e dejetos resultantes das mais diversas atividades humanas têm crescido de forma assustadora, exigindo cada vez mais cuidados especiais com a disposição dos mesmos. <sup>(1)</sup>

No Brasil, a preocupação com os resíduos é relativamente recente, ao contrário de outros países onde já existem políticas bastante definidas e eficientes no que diz respeito a reciclagem.

O que fazer, então, com a grande quantidade de resíduos despejados pelas indústrias no Meio Ambiente? A reciclagem é uma das melhores soluções para esse problema, pois além de gerar uma grande economia para o país, é uma grande alternativa para a diminuição do resíduo. <sup>(2)</sup>

Considera-se reciclagem o reaproveitamento de materiais beneficiados como matéria-prima para um novo produto. Vários materiais podem ser reutilizados ou reciclados, como o papel, o vidro, o metal e o plástico. Suas maiores vantagens são a minimização da utilização de fontes naturais, muitas vezes não renováveis, além da redução da quantidade de resíduos que necessita de tratamento final, como aterramento, ou incineração. <sup>(3)</sup>

Menezes e colaboradores, <sup>(4)</sup> apontam várias vantagens da reutilização de resíduos (independente do seu tipo) em relação aos recursos naturais “virgens”, as quais podem citar: redução da extração de matéria-prima, diminuição do consumo de energia, menores emissões de poluentes e melhoria na saúde.

Segundo Motta <sup>(5)</sup> o acúmulo de resíduo sólido no meio ambiente é uma questão antiga, pois esta questão sempre foi carente de regularização e fiscalização. Esta falta de cuidado com Meio Ambiente, além de comprometer o desenvolvimento econômico, gerou grandes problemas, tais como: degradação da natureza, perda da Biodiversidade.

Contudo, a geração de resíduo sólido no mundo e no Brasil tende a diminuir, pois já existe uma conscientização de empresas de que estes resíduos sólidos estão associados a custo, visto que necessitam de um tratamento adequado. Empresas do setor privado da América do Norte e Europa investem em pesquisas, e avaliam a reciclagem como algo rentável, pois aumentando a qualidade do produto reciclado acarretará em uma maior eficiência do setor produtivo. <sup>(6)</sup>

Devido ao crescimento industrial, acompanhado de um consumo de energia, outro setor industrial que vem crescendo de maneira vertiginosa são as termelétricas à carvão, fontes de energia muito utilizadas no mundo. <sup>(7)</sup>

Durante a queima do carvão mineral em usinas termelétricas, são gerados vários tipos de resíduos e produtos (Produtos da Combustão do Carvão Mineral ou PCC's). Atualmente, tais materiais têm sido alvo de muitos estudos, por conter cinzas, além do fato de apresentarem diversas aplicações tecnológicas.

Muitas aplicações de PCC's resultam em produtos melhores e mais baratos sem a adição de PCC's, como por exemplo, o uso de cinzas leves em concreto, que possui uma maior resistência e uma menor permeabilidade. <sup>(8)</sup>

Sua composição química é semelhante à de alguns materiais cerâmicos. Por esse motivo, algumas das principais aplicações têm sido na fabricação de diversos tipos de peças cerâmicas e, principalmente, como materiais para a construção civil.

Este trabalho estudou a viabilidade da adição de PCC's como fase reforço em peças cerâmicas fabricadas a partir do resíduo do granito.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Nesse trabalho foi investigada a viabilidade da adição de PCC's como fase reforço em peças cerâmicas fabricadas a partir do resíduo do granito. A matéria prima foi caracterizada em termos de composição química. A composição química foi determinada por espectrometria de fluorescência de raios-X utilizando um equipamento Rigaku, modelo ZSX Mini II.

Dois lotes de peças foram confeccionados: o primeiro, sem a adição de PCC's e o segundo com a adição de 10%p de PCC's. Em seguida, o ensaio de Contração Superficial e Mássica, foi realizado para avaliar a variação dimensional linear e mássica dos corpos de prova após estes serem submetidos ao processo de sinterização de 1170°C, seguindo a NBR 9623 (1986). Também foi realizada a Absorção de Água, de acordo com a NBR 13818 (1997), os corpos de provas foram secos em estufa a 110 °C por 24 horas, logo em seguida pesados. Após esta etapa os corpos de prova foram imersos em um recipiente contendo água destilada durante 24 horas.

Depois deste procedimento, os corpos de provas foram ligeiramente enxutos com uma flanela e em seguida pesados novamente a fim de verificar seu peso úmido.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Fluorescência de Raios-X

O resultado da composição química por fluorescência de Raios-X, em percentual mássico, na forma de óxido se encontra na tabela 01.

Foram analisadas as composições dos PCC's gerados pela combustão do carvão.

**Tabela 01** - Composição química dos PCC's.

	COMPONENTE	MASSA (%)
PCCs	Si	41.456
	Al	19.507
	Fe	17.266
	K	7.5155
	Ca	6.6671
	Ti	3.3305
	S	1.6350
	Mg	1.5125
	-----	1.1104

**Tabela 02** – Composição química do resíduo do granito Asa Branca

	<b>COMPONENTE</b>	<b>MASSA (%)</b>
<b>Resíduo do granito Asa Branca</b>	Si	78,47
	Al	13,63
	K	5,33
	Ca	1,47
	Fe	0,76
	-----	1.1104

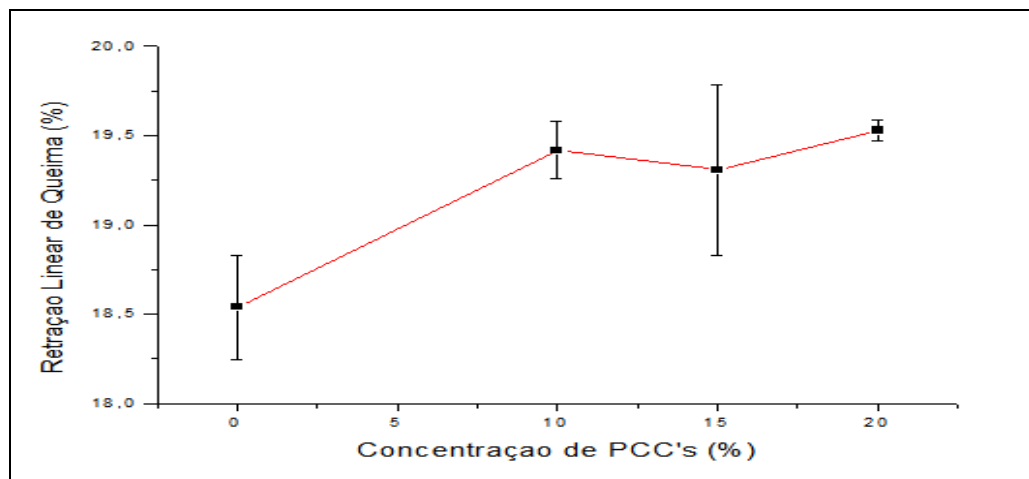
A partir da tabela 01 verifica-se que os óxidos majoritários dos PCC's são o óxido de silício, o óxido de Alumínio e o óxido de Ferro, característica de matérias-primas adequadas à fabricação de cerâmicas, e um baixo teor de enxofre, muito similar à composição do resíduo do granito Asa Branca (silício, alumínio, potássio e ferro), o que comprovou, que os PCC's, em termos da composição química, tem um grande potencial para serem incorporados como fase reforço na matriz cerâmica.

### **Contração Superficial**

A figura 1 apresenta o resultado do ensaio de Contração Superficial, também conhecido como retração linear de queima, para os corpos de provas com 0%p, 10%p, 15%p e 20%p de PCC's sinterizados a 1170 °C.

A análise do gráfico mostra uma tendência do aumento da retração linear com aumento da concentração de PCC's nos corpos de provas.

Figura 1 – Retração Linear de Queima.

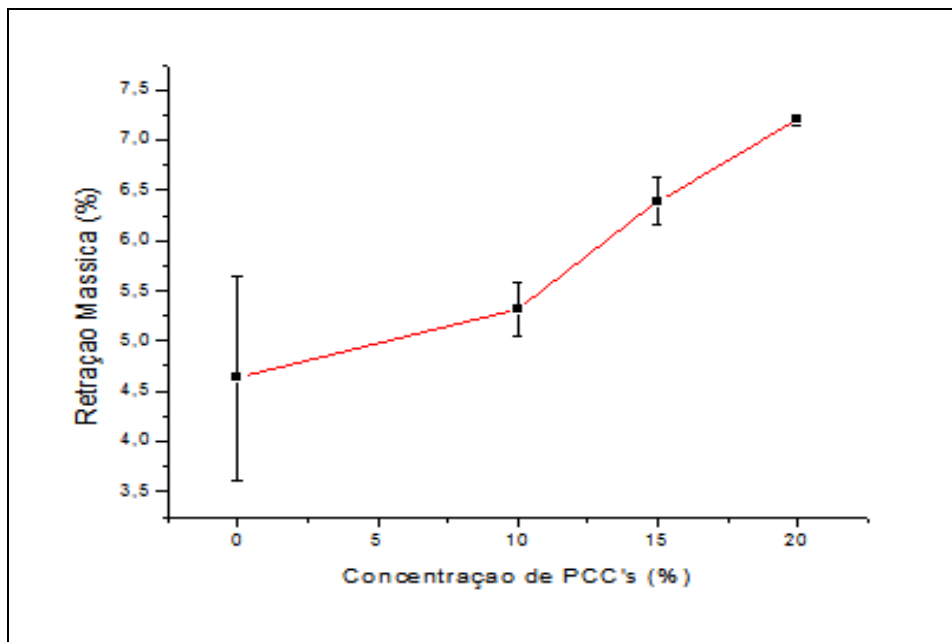


Isto se deve ao fato de que os PCC's possuem elementos com baixo ponto de fusão, os quais, quando submetidos a temperaturas elevadas são eliminados. Com isso, a fase vítrea irá preencher o volume dos poros deixados pelos elementos evaporados, provocando uma retração tridimensional da peça cerâmica (LOPES, 2011).

### **Contração Mássica**

A figura 2 apresenta o resultado do ensaio de Contração ou retração mássica de queima para os corpos de provas com 0%p, 10%p, 15%p e 20%p de PCC's. A medida que se aumentou a concentração de PCC's em relação à matriz cerâmica de RGAB, houve um acréscimo na retração mássica dos corpos cerâmicos.

Figura 2 – Retração Mássica.



O enxofre livre presente nos PCC's é eliminado aproximadamente a uma temperatura de 445 °C. De maneira análoga, o potássio presente na matriz cerâmica (RGAB) e na fase reforço (PCC's) é eliminado aproximadamente a 759 °C (LOPES, 2011).

Tanto a retração linear quanto a retração mássica aumentaram com o aumento da concentração de PCC's em relação à matriz cerâmica, o que sugere uma melhor densificação das peças cerâmicas.

### **Absorção de água**

Os resultados do ensaio de absorção de água para os diversos corpos de provas (0%, 10%, 15%, 20% p de PCC's) apresentaram o valor de 0,00%. Este valor caracteriza os corpos cerâmicos como grês porcelanato em termos do teste de absorção de água, pois segundo NBR 13818 para o grês porcelanato ( $Abs \leq 0,5\%$ ).

Além disso, os resultados obtidos são menores do que os encontrados por Pinheiro (2010) que realizou um trabalho de cunho científico ao adicionar o rejeito do granito Asa Branca aos produtos da combustão do carvão mineral com alto teor de enxofre, onde as peças sinterizadas na mesma temperatura e com mesma concentração de PCC's apresentaram uma absorção de água de 0,08%.

Estes resultados se devem ao fato da matriz cerâmica conter feldspatos (responsáveis pela densificação do material). Luz (2008) afirma que os feldspatos contribuem para diminuição da absorção de água das peças de porcelanato atribuindo-lhes as propriedades desejadas.

Como todos os corpos de provas apresentaram os mesmos valores de 0,00%, pode se concluir que os produtos da combustão mineral não influenciaram de forma negativa a absorção de água. Além disso, do ponto de vista ambiental, o aproveitamento dos produtos da combustão do carvão mineral para revestimentos cerâmicos é bastante viável.

## **CONCLUSÕES**

De acordo com a realização deste estudo, com os produtos da combustão do carvão mineral e resíduo do granito Asa Branca, teve-se a oportunidade de avaliar propriedades química e física destes materiais, constatando que:

Através de teste de fluorescência de raios-x, verificou-se que os principais componentes dos produtos da combustão do carvão mineral são: sílicio (59,17%), alumínio (13,17%), ferro (10,74%), potássio (6,11%) cálcio (4,97%), titânio (2,91%) e enxofre (0,84%). E para o resíduo do granito Asa Branca são: sílicio (78,47%), alumínio (13,63%), potássio (5,33%), cálcio (1,47%) e ferro (0,76%).

Elevados teores de óxido de alumínio nos PCC's sugerem uma maior presença de fases com elevado ponto de fusão, que implicam em temperaturas de amolecimento e de fluidez mais altas.

Tanto retração linear quanto a retração mássica aumentaram com o aumento da concentração de PCC's em relação a matriz cerâmica, o que dá indício de uma melhor densificação das peças cerâmicas

A absorção de água dos corpos-de-prova queimados em quaisquer concentrações foi sempre inferior a 0,5% (valor máximo para um revestimento cerâmico ser classificado como porcelanato pela NBR 13818/1997).

Estes resultados preliminares apresentam características de matérias-primas adequadas para ser incorporadas em massas cerâmicas. Entretanto, como regra geral, é necessário salientar após esse estudo dos PCC's, que a realização de uma análise crítica sobre todos os elementos contidos no produto da combustão é indispensável, de forma que estes podem originar uma grande variação de fases com propriedades bastante distintas.

Este trabalho compreende a fase inicial de um estudo com abordagem mais ampla, que tem o objetivo estudar a viabilidade dos produtos da combustão do carvão mineral como carga em peças cerâmicas fabricadas a partir de resíduos de granito.

## **AGRADECIMENTOS**

Os autores gostariam de agradecer ao CNPq pelo o financiamento a esse projeto.



## REFERÊNCIAS

- (1) Pinheiro, H. S. **Processamento e caracterização de peças cerâmicas obtidas a partir do resíduo do granito Asa Branca com adição dos produtos da combustão do carvão mineral.** 2010. 72f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência dos Materiais) – Curso de Pós- Graduação em Engenharia e Ciência dos Materiais, Universidade Federal do Ceará, Ceará.
- (2) Santos, R. P. dos. **Preparação e caracterização de cerâmicas de cinzas de carvão mineral.** 2003. 113f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Curso de Pós-Graduação em Física, Universidade Federal do Ceará, Ceará.
- (3) Reijnders, L., **A normative strategy for sustainable resource choice and recycling.** Resources, Conservation and Recycling. v.28; p.121–133; 2000.
- (4) MENEZES, R.R.; NEVES, G. de A.; FERREIRA, H. C., **O estado da arte sobre o uso de resíduos como matérias-primas cerâmicas alternativas.** R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental., v.6; n.2; p.303-313, 2002.
- (5) MOTTA, F. G., **A cadeia de destinação dos pneus inservíveis – o papel da regulação e do desenvolvimento tecnológico.** Ambiente & Sociedade. v. XI; n.1; p.167-184; 2008.
- (6) Fernandes, P.F.; Oliveira, A.P.N.; Hotza, D. **Reciclagem do Lodo da Estação de Tratamento de Efluentes de uma Indústria de Revestimentos Cerâmicos.** Parte 1: Ensaio Laboratoriais. Cerâmica Industrial. v.8; n.2; 2003.
- (7) Pinheiro, H. S.; Nogueira, R. E. F. Q.; Lobo, C. J. S.; Nobre, A. I. S.; Sales, J.C.; Silva, C. J. M.;. **Caracterização química das cinzas de fundo originadas pela combustão, em usina termoelétrica, de um carvão mineral do nordeste da Colômbia.** 56º Congresso Brasileiro de cerâmica. Paraná, 2013.
- (8) SABEDOT, S., SUNDSTRON, M. G., BÖER, S. C, SAMPAIO, C. H., DIAS, R. G. O., RAMOS, C. G.; **Caracterização e aproveitamento de cinzas da**

**combustão de carvão mineral geradas em usinas termelétricas.** In: III CONGRESSO BRASILEIRO DE CARVÃO MINERAL, Gramado. Rio Grande do sul: UFRGS, 2011.

## **USE OF GRANITE AND WASTE PRODUCTS OF COMBUSTION OF COAL IN A MASS FORMULA FOR CERAMIC FLOORING**

### **ABSTRACT**

The use of waste granite for the production of ceramic tiles has been proposed as an alternative to the waste of raw materials in the industry. Moreover, during the burning of coal in power are generated Products of Coal of Combustion (PCC's). Such residues have been studied for presenting applications in the manufacture of ceramics. The objective of this study was to analyze the feasibility of using waste Granite White Wing (RGAB) as raw material, adding PCC's, at concentrations of 0 wt%, 10 wt%, 20 wt%, as reinforcement phase in the manufacture of ceramic tiles. To characterize the X- ray Fluorescence, and Surface and weight Contraction, which increased with increasing PCC's and Water Absorption, where all the bodies sintered proves the result was less than 0.5 % was used. The results showed that the use of RGBA with the addition of PCC's for manufacturing ceramic coating is feasible.

keywords: Coal, PCC's, Ceramics.