

ANÁLISE COMPARATIVA DA INFLUÊNCIA ENTRE O FELDSPATO E O CARVÃO MINERAL EM MASSA ARGILOSA PARA FABRICAÇÃO DE MATERIAIS CERÂMICOS

III Congresso Online de Engenharia de Materiais. inscrições encerradas, 4ª edição, de 27/04/2021 a 30/04/2021
ISBN dos Anais: 978-65-89908-00-5

OLIVEIRA; LEONARDO CARLOS DE ¹

RESUMO

RESUMO Os materiais cerâmicos como telhas, blocos cerâmicos, revestimentos são muito utilizados no âmbito da construção civil e o feldspato, e a combustão do carvão mineral são resíduos que possuem elementos que ao adicionado em massa argilosa resultaria em bons resultados. O presente trabalho tem como objetivos analisar e avaliar a adição do feldspato e do PCC, e comparar ambos resultados, na composição de materiais cerâmicos através de ensaios laboratoriais. Este trabalho expõe análises feitas junto a argila que é, a matéria prima na produção desses materiais. Foram feitos testes com adição de 5, 10 e 20% do resíduo junto a 100% de massa argilosa. Analisou-se as propriedades tecnológicas, através da: retração linear, absorção de água, porosidade aparente, massa específica aparente e resistência mecânica à flexão. Constatou que, a adição do PCC em massa argilosa produz uma maior retração linear, sendo mais adequado para fabricação de materiais cerâmicos; o feldspato absorve mais água, fazendo com que o material tenha mais gastos na produção; a porosidade dos corpos foram variáveis, mas os corpos de provas com adição do PCC se mostraram menos porosos, fazendo com que o material seja mais adequado para fabricação de materiais cerâmicos, e os com adição do feldspato sendo mais adequado para fabricação de materiais de vidro. Todos esses dados foram analisados seguindo a norma de desempenho NBR 15575.

ABSTRACT Ceramic materials such as tiles, ceramic blocks, coatings are widely used in the field of civil construction and feldspar, and the combustion of mineral coal is waste that has elements that added to the clay mass would result in good results. The present work aims to analyze and evaluate the addition of feldspar and PCC, and to compare both results, in the composition of ceramic materials through laboratory tests. This work exposes analyzes that we made with the clay that is, the raw material in the production of these materials. We carried out tests with the addition of 5, 10 and 20% of the residue together with 100% clay mass. The technological properties were analyzed through: linear shrinkage, water absorption, apparent porosity, apparent specific mass and mechanical resistance to flexion. It found that, the addition of the PCC in clayey mass produces a smaller linear shrinkage, being more suitable for the manufacture of ceramic materials; feldspar absorbs more water, causing the material to spend more on production; the porosity of the bodies were variable, but the specimens with the addition of the PCC proved to be less porous, making the material more suitable for the manufacture of ceramic materials, and those with the addition of feldspar being more suitable for the manufacture of glass materials. All of these data were analyzed following the NBR 15575 performance standard.

1. INTRODUÇÃO A preservação do meio ambiente tem chamado à atenção, nos meios acadêmicos e industriais, a valorização no processo que envolva a reciclagem de resíduos poluentes. Isto decorre do fato de que o aproveitamento de resíduos contribui fortemente para proteção ambiental e, conseqüentemente, para o desenvolvimento sustentável. Analisando que a argila compõe um dos principais materiais da construção, que está diretamente ligado a estrutura de uma obra, achou-se interessante avaliar junto a produção de materiais cerâmicos a junção da argila, o feldspato e o carvão mineral para avaliar através de ensaios tecnológicos se, com a adição desses resíduo junto à argila, alteraria algo em seus elementos resistivos e em sua estrutura físico-

¹ CENTRO UNIVERSITÁRIO NORDESTE, leocarlos2369@gmail.com

química, e verificar qual deles seria mais viável fazer a reutilização junto a fabricação de materiais cerâmicos. Este trabalho tem como objetivo geral avaliar e comparar as potencialidades de utilização de resíduos do feldspato e da combustão do carvão mineral (PCCs), como matéria na produção de materiais cerâmicos. E os seus objetivos específicos são, analisar os parâmetros físicos químicos do feldspato e do PCC; analisar a resistência à ruptura de ambos materiais e comparar os resultados; avaliar qual resíduo é mais adequado para fabricação de materiais cerâmicos.

2 MATERIAIS E MÉTODOS Toda a metodologia foi determinada de acordo com as normas ASTM C674-77 (ASTM, 1977b) e ASTM C373-72 (ASTM, 1977a)

2.1 ORIGEM DAS MATÉRIAS-PRIMAS No trabalho foram utilizadas como matérias-primas a argila da cerâmica do distrito de Córrego-Fundo localizado no município de Trairi-CE, o resíduo de feldspato proveniente de uma mina do Valdo localizada na cidade de Solonópole – CE e o PCC do laboratório de materiais cerâmicos da Universidade Federal do Ceará (UFC), localizada em Fortaleza - CE. Figura 1 - Processo de secagem na estufa (à esquerda) e temperatura utilizada para secagem da argila (à direita) Fonte: Elaborado pelo autor.

2.2 MÉTODOS
2.2.1 Preparação das Formulações Esta etapa consistiu na formulação das composições com incorporação do resíduo de argila, feldspato e PCC. Para isso foram realizadas a mistura dos materiais para produção dos corpos de provas. A (Tabela 1) apresenta-se a quantidade de cada material presentes em cada formulação. As formulações foram usadas de acordo com outros trabalhos com a mesma linha de pesquisa (OLIVEIRA, 2019). Tabela 1 - Formulação das massas de Feldspato e PCC nas proporções de 0, 5, 10 e 20%. Fonte: elaborada pelo autor

2.2.2 Homogeneização As homogeneizações das amostras foram realizadas de forma manual utilizando uma espátula, colher e uma bacia para fazer a mistura dos compostos. Foram submetidas também o peneiramento da argila depois da moagem que resultou em um material mais fino chegando na finura passante da peneira de 28 mesh. A partir das formulações em 0, 5, 10 e 20% a concentração do resíduo em massa, conforme Tabela 1.

2.2.3 Processamento dos corpos de prova Foram elaborados corpos de prova por prensagem uniaxial a 20 MPa, com 8% de umidade utilizando formas com dimensões externas de 116 x 25 x 30 mm. Após a prensagem, os corpos de prova foram secos em estufa a 100°C por 24 horas. E em seguida, foram sinterizados em forno laboratorial com taxa de aquecimento de 2°C min⁻¹ com temperaturas de patamar de 950°C. Os corpos de prova foram mantidos na temperatura patamar por 2 horas e com taxa de aquecimento de 10°C min⁻¹, resfriados por convecção natural.

2.2.4 Compactação No processo de compactação dos corpos de provas foram utilizados um molde uniaxial de aço com cavidade retangular interna de 60x20 mm. Em seguida foi levada a uma prensa hidráulica, marca apiguana, modelo PHS-15t com capacidade máxima de operação de 15 toneladas, utilizando uma pressão de compactação de 20 Mpa. Foram confeccionados 32 corpos de prova, todos com a mesma largura e comprimento. Na Figura 1 mostra a prensa e os corpos compactados. Figura 1 - Prensagem dos corpos de prova (à esquerda) corpos de prova (à direita) Fonte: elaborada pelo autor

2.2.5 Caracterização dos corpos de prova sinterizados
2.2.5.1 Retração Linear de Queima A retração linear das peças queimadas (RL) foi determinada com o auxílio de um paquímetro digital marca MITUTOYO (resolução ± 0,01 mm), através da seguinte expressão: Equação 01: Retração linear de queima. $RL\% = \frac{L_o - L_f}{L_o} \times 100$

Onde L_o é o comprimento inicial do corpo de prova (após secagem) e L_f é o comprimento final do corpo de prova (após sinterização).

2.2.5.2 Absorção de Água O ensaio de absorção de água foi realizado de acordo com a norma ASTM C373-72 (ASTM, 1977a). Os corpos de prova serão pesados e em seguida serão colocados em recipiente com água destilada e mantidos em água fervente por 2 horas, e resfriados submersos em água. Em seguida retira-se a água superficial de cada peça, registrando-se a massa. A absorção de água (AA) será calculada de acordo com a seguinte expressão: Equação 02: Absorção de água.

$$AA \% = PU-PS/PS \times 100$$

Onde Pu e Ps são as massas (g) das peças saturadas em água (úmidas) e secas, respectivamente. . 3.5.6.3 Porosidade Aparente Com o objetivo de calcular a porosidade aparente (PA) dos corpos de provas, logo após o teste de absorção de água, foi realizada a pesagem dos corpos de provas imersos em água destilada, após 24h do momento de sua imersão. A porosidade aparente é expressa em forma de percentual de acordo com a equação a seguir (MORAES, 2007): Equação 03: Porosidade aparente $PA = (mU - ms/mU - mi) \times 100$

Onde mu é a massa do corpo de prova úmido, ms é a massa do corpo de prova seco e mi é a massa do corpo de prova imerso. 2.2.5.4 Massa específica aparente (MEA) A determinação da porosidade aparente e massa específica aparente foram realizadas como representado na Figura 2. Os corpos de prova foram pesados e na sequencia imersos em um recipiente contendo água destilada durante 24 horas.

Figura 2 - Ensaio de Massa Específica Aparente e Porosidade Aparente. Fonte: elaborada pelo autor Os ensaios de massa específica e porosidade aparente reforçam o resultado do ensaio de absorção de água, pois estes testes mostram o “grau” de densificação, consequentemente, uma orientação sobre suas propriedades mecânicas. Segundo Torquato (2005) a massa específica aparente é obtida através da equação: Equação 01: Massa específica aparente. $MEA = msmu - mi \text{ água}$

Onde: de ms é a massa do corpo de prova seco, mu é a massa do corpo de prova úmido, e mi é a massa do corpo de prova imerso e água é a densidade da água 2.2.5.5 Tensão de Ruptura à Flexão A tensão de ruptura à flexão em três pontos (σ) foi determinada de acordo com a norma ASTM C674-77 (ASTM, 1977b), calculada pela seguinte expressão: Equação 05: Tensão de ruptura à flexão. $\sigma = 3PL2bd^2$

Onde σ é a tensão de ruptura à flexão, (MPa); P é a carga aplicada no corpo de prova no momento da ruptura, (Newton); L é a distância entre os cutelos de apoio, (mm); b é a largura do corpo de prova, (mm); e d é a espessura do corpo de prova, (mm). 3 RESULTADO E DISCUSSÕES Serão apresentados e discutidos, nesse capítulo, os resultados de obtidos no decorrer da pesquisa, assim como os ensaios realizados para caracterização da matéria prima e dos corpos de prova cerâmicos obtidos após a sinterização. 3.1 RETRAÇÃO LINEAR DE QUEIMA (RLq). A Figura 3 apresenta o resultado do ensaio de Retração linear de queima para os corpos de prova cerâmicos sinterizados a 950 °C. Figura 3 - Retração linear de queima, feldspato e PCC Fonte: elaborada pelo autor Na análise da Figura 3, percebe-se que a adição do produto da combustão do carvão mineral proporciona ao material uma maior retração linear na maior adição, ou seja, a adição do PCC produz uma maior retração linear do que a do feldspato. Verifica-se que nas composições de A5% (Argila com 5% de feldspato) teve uma queda tendencial na retração linear, e pôr os resultados serem negativos, conclui-se que ouve expansão e não retração dos corpos de provas após a queima. Comparando com outros trabalhos elaborados com a mesma temática, percebe-se que os resultados foram coerentes, pois o produto da combustão mineral ao adicionado em materiais cerâmicos ou até em outros, ele causa uma maior retração. 3.2 ABSORÇÃO DE ÁGUA Figura 4 - Absorção de água dos corpos de prova, após sinterização. Fonte: elaborada pelo autor Verificou-se que os corpos de provas com mais adição de feldspato em sua composição possuem maior absorção de água, em comparação com os com adição do PCC. Ferreira, (2008) verificou que à uma temperatura de 950 °C a 1050 °C os corpos de prova também tiveram aumento de absorção de água, que foram superiores a uma temperatura de 800 °C, isso resulta que, quanto mais se adiciona feldspato em massa argilosa e se aplica uma maior temperatura nos corpos de prova, isso fará com que o material absorva mais água. Porém analisamos que ao se adicionar 5% de feldspato só tivemos um aumento de 0,47% na absorção de água, e adição do PCC oscilou tendo um resultado variável. 3.3 POROSIDADE APARENTE Figura 5 - Porosidade aparente

dos corpos de prova após sinterização. Fonte: elaborada pelo autor. Verifica-se que a porosidade do material com adição do PCC, só é maior com a quantidade de 10% do resíduo. Sanches et al (2001) afirmam que para cerâmicas o menor índice de porosidade é melhor para produção de materiais a porosidade fechada evita formação da fase vítrea. Com isso, a adição do feldspato se mostrou menos adequada pois a porosidade influencia de forma direta na resistência dos corpos, pois o corpo de prova com maior resistência foi o A0% (Argila com 0% de feldspato) e o A5% (argila com 5% de feldspato) que também foram os corpos de prova com maior quantidades de poros fechados. Já os corpos de provas com adição do PCC mostraram-se menos poroso, resultados em maiores índices de resistência mecânica a flexão.

3.4 MASSA ESPECIFICA APARENTE (MEA). Figura 6 - Massa específica aparente dos corpos de provas após sinterização. Fonte: elaborada pelo autor. Apesar da massa específica dos corpos com PCC, percebe-se que os parâmetros se divergiram em pouca coisa.

3.5 RESISTÊNCIA MECÂNICA O gráfico a seguir mostra o comportamento da resistência à flexão dos compostos cerâmicos reforçados com os resíduos. Figura 7 – Resistência mecânica dos corpos de prova após sinterização. Fonte: elaborada pelo autor. Pode-se afirmar que com o aumento da concentração de feldspato e PCC houve uma diminuição da resistência mecânica. O resultado é coerente pois está inversamente proporcional com o gráfico de absorção de água (Figura 8). Observa-se também que o resultado acontece de forma linear decrescente.

Tabela 2 - Tabela para fabricação de materiais cerâmico Fonte: Souza santos, 1989. Ao analisar essa tabela verificou-se que a adição de 5% do PCC junto a massa argilosa para fabricação de materiais cerâmicos é viável, pois a resistência foi maior que 2,00 Mpa. Analisando a porosidade, absorção de água e retração linear, percebe-se que o corpo de prova viável para a fabricação de materiais cerâmicos é o com adição de 5% de PCC. Vale ressaltar, que o aumento do volume dos poros contribui de maneira negativa para as propriedades mecânicas, isso pode ser observado através do volume maior nos corpos de prova que tinham adição de feldspato.

4. CONCLUSÃO Através de todas as análises que foram propostas por este trabalho, conclui-se que os objetivos propostos foram atingidos, que era analisar, avaliar e comparar a adição do feldspato e do PCC em massa argilosa para produção de materiais cerâmicos e que, o feldspato, assim como o PCC é um resíduo que ajuda no tempo de queima e faz com que a peça absorva mais água. Foram concluídas as seguintes afirmações: A adição do PCC em massa argilosa produz uma maior retração linear, sendo mais adequado para fabricação de materiais cerâmicos; O feldspato absorve mais água, fazendo com que o material tenha mais gastos na produção; A porosidade dos corpos foram variáveis, mas os corpos de provas com adição do PCC se mostraram menos porosos, fazendo com que o material seja mais adequado para fabricação de materiais cerâmicos, e os com adição do feldspato sendo mais adequado para fabricação de materiais de vidro. Constatou-se que a adição do feldspato e do PCC em massa argilosa para produção de materiais cerâmicos reduz a resistência mecânica, isso é resultante do aumento da absorção de água e da porosidade aparente proporcional ao aumento de adição do resíduo. Entretanto a adição de 5% (Argila com 5% de feldspato) tem uma resistência viável e, segundo a norma NBR 15575 de 2013 essa resistência é adequada para fabricação de materiais cerâmicos para fins de revestimentos de parede, e a resistência do material com PCC limita à revestimentos para piso.

REFERÊNCIAS
 ABNT NBR 15.575. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Norma de desempenho, 2013. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS – ASTM. ASTM C 674 - 77, 1977b. Flexural Properties of Ceramic Whiteware Materials. 4 p. USA. BAUER, L. A. F. **Materiais de construção**. 5. Ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e científicos, 2000. 705 p. BAYRAKTAR, I e ÇAKIR, U. (2002). **Quality feldspar production at Çine**. Akmaden. Industrial Mineral, n.416, May, p.56-59. CASAGRANDE, M. C. **Efeito da adição de chamo-te semi-gresificado no comportamento físico de massa cerâmica de pavimento**. 66 p.

Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002. H. L. Lira, G. A. (2013). Feldspatos: conceitos, estrutura cristalina, propriedades físicas, origem e ocorrências, aplicações, reservas e produção. REMAP. PADILHA, A. F. **Materiais de Engenharia: Microestrutura e propriedades**. São Paulo: Hemus, 1997. PÉREZ, C. A. S.; PADUANI, C.; ARDISSON, J. D.; GOBBI, D.; THOMÉ, A. Caracterização de Massas cerâmicas Utilizadas na Indústria de cerâmica Vermelha em São Domingos do Sul – RS. *Cerâmica Industrial*, São Paulo, v. 15, n. 1, p. 38-43, 2010. Rocha, F. N., Suarez, P. A., & Guimarães, E. M. (2014). Argilas e suas Aplicações em Utensílios e Materiais Cerâmicos. *Revista Virtual de Química*, 16 SANCHES. E; ORTS. M. J; GARCIA-TEN. J; CANTAVELLA. V.;. Efeito da composição das matérias primas empregadas na fabricação de grês porcelanato sobre as fases formadas durante a queima e as propriedades do produto final. *Cerâmica Industrial*. v. 6; p. 15 – 22. 2001. 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. Soares, L. (02 de JUNHO de 2012). CULTURA EM ARGILA. Fonte: CULTURA EM ARGILA: <http://culturaemargila.blogspot.com/2012/07/historia-da-arte-com-argila.html> <acesso em 08/09/2020> SOUZA, G. P.; SOUSA, S. J. G.; TERRONES, L. A. H.; HOLANDA, J. N. F. **Mineralogical analysis of Brazilian ceramic sedimentary clays used in red ceramic**. *Cerâmica*, São Paulo, v. 51, n. 320, p. 382-387, 2005.

PALAVRAS-CHAVE: Argila, construção civil, desempenho