

ANÁLISE DE MASSA ESPECÍFICA APARENTE NA PRODUÇÃO DE PORCELANATO UTILIZANDO RESÍDUOS DE CAULIM E GRANITO SINTERIZADOS A TEMPERATURA DE 1200°C

João Batista Monteiro de Sousa¹; Paulo Henrique Morais do Nascimento²; Antônio Gilson Barbosa de Lima³

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte; joão.monteiro@ifrn.edu.br

²Universidade Federal de Campina Grande; p.h_morais@yahoo.com.br

³Universidade Federal de Campina Grande; antonio.gilson@ufcg.edu.br

Resumo: Ultimamente as empresas de mineração principalmente as de beneficiamento de caulim e da extração de granito vêm sendo citadas pelos ambientalistas como fontes de contaminação ou poluição do meio ambiente, devido à enorme quantidade de resíduos gerados e frequentemente lançados diretamente nos ecossistemas, sem um processo de tratamento para eliminar ou reduzir os constituintes presentes. Este trabalho teve como objetivo geral avaliar a potencialidade do uso de resíduos de caulim e de granito provenientes do beneficiamento e extração junto as empresas de mineração CAULISE - Caulim do Seridó Ltda. e COTO Comércio, Importação e Exportação Ltda., na produção de porcelanato. Para comprovação da eficiência desses materiais a serem integrados na produção desse material, foram produzidas oito formulações com diferentes proporções de caulim e granito e sinterizados a uma temperatura de 1200°C, a fim de gerar corpos-de-prova (CP). Com objetivo de selecionar a formulação mais eficaz, os corpos de prova foram submetidos a um processo de massa específica aparente (MEA), que é a razão entre a massa do CP e seu volume, que quantifica o volume total de poros fechados dos CP e evidencia seu grau de leveza. Tecnicamente determina o peso por metro quadrado de piso cerâmico. A partir dos resultados de caracterização e dos ensaios tecnológicos, foram constatados que as formulações F6 e F8 são as mais adequadas para a produção de grés porcelanato devido seu excelente potencial, tendo um percentual de argila de 45%, resíduos de caulim de 10 ou 20% e resíduos de granito de 35 ou 45%.

Palavras-chave: resíduos de caulim e granito, formulações, grés porcelanato, massa específica.

Introdução

A atividade de mineração, embora geradora de vários impactos ambientais, é imprescindível e necessária para o desenvolvimento de um país em seus mais diversos setores produtivos, tendo sido, ao longo dos anos, um dos sustentáculos dos poderes econômico e político do Brasil. Infelizmente os sistemas de extração e beneficiamento são rudimentares, não respeitando a relação homem versus natureza, gerando com isso uma quantidade considerável de resíduos que podem ser utilizados na indústria cerâmica.

O Brasil é um dos principais protagonistas no mercado mundial de revestimentos cerâmicos, ocupando a segunda posição em produção e consumo (FERNANDES et al., 2011). Dentre os revestimentos cerâmicos, o porcelanato é um dos produtos que apresentam grande expansão na escala produtiva (BAUCIA et al., 2010). No cerne dos recursos minerais, não se pode descuidar, no curso dos últimos 15 anos no Brasil, da multiplicação da produção de revestimentos cerâmicos, material que engloba pisos e azulejos, e hoje é o segundo maior fabricante mundial desses produtos.

No processo de constante modernização de seus produtos, as indústrias de revestimentos cerâmicos desenvolveram o porcelanato. O porcelanato é um produto que apresenta absorção d'água muito baixa (tipicamente abaixo de 0,5%) em virtude de sua porosidade aparente praticamente nula (0% a 0,5%). Além disso, placas de porcelanato apresentam excelentes características técnicas, destacando-se elevadas resistência mecânica ao risco e a manchas por ataque químico.

O porcelanato é seguramente, dentro desse contexto, o produto mais avançado no mercado de pisos e revestimentos e em pleno aumento de produção no Brasil e no exterior, diferenciando-se dos demais tipos de revestimentos cerâmicos devido ao seu processo de produção altamente tecnológico. Isso se deve ao alto nível de qualidade de suas matérias-primas (RODRIGUEZ et al., 2004).

Portanto, é nítida a importância da realização desse trabalho na obtenção de uma aplicação, através dos resultados obtidos em laboratórios, por meio de uma formulação como matéria-prima para a produção de porcelanato, a partir da adição de argila, esta que apresenta uma plasticidade mediana e uma ótima resistência mecânica à flexão, dos resíduos de caulim provenientes de processo de beneficiamento e dos resíduos de granito gerados pela extração. Contribuindo, assim, para a preservação dos recursos naturais, prolongando, consideravelmente, a vida útil desses recursos não renováveis, reduzindo a destruição da paisagem, fauna e flora e validando, com isso, o potencial mineralógico da região do material estudado.

Na fabricação de revestimentos cerâmicos em geral, bem como para fabricação de porcelanato, não existe uma única matéria-prima natural que venha a apresentar todas as características necessárias para que ocorra uma boa formulação, uma boa fundência, uma boa estabilidade dimensional, entre outras características. Se fazendo necessário a utilização de uma mistura de matérias-primas para se obter as características desejadas de uma massa à verde (GIBERTONI, 2005).

Para a fabricação do porcelanato, a mistura de matérias-primas utilizadas caracteriza-se por serem compostas por uma porcentagem variável de 30-50% em peso de caulim e/ou argilas e uma proporção similar à anterior de feldspato sódico/potássico. São utilizados, ainda, para a preparação da massa, outros tipos de matérias-primas, em uma escala menor, tais como a areia (fonte de quartzo), argila bentonítica, talco, entre outros, para se conseguir atingir determinadas propriedades do produto, ou facilitar a etapa de processamento. Ainda, essas matérias-primas que formam o

sistema devem apresentar baixo teor de óxido de ferro (que afeta a coloração), já que a eficácia dos pigmentos adicionados à composição depende diretamente da brancura da peça (HECK, 1996).

As matérias-primas argilosas conferem plasticidade à massa, enquanto aquelas complementares, não-plásticas, caracterizadas por minerais fundentes e aqueles predominantemente refratários são responsáveis, em linhas gerais, pela densificação e resistência mecânica do material, respectivamente (GILBERTONI, 2005).

O caulim é de fundamental valor por constituir uma matéria- prima de grande importância na produção do porcelanato, e é definido como sendo uma argila de granulometria fina, geralmente de cor branca e de boa inércia química. Os minerais que mais comumente constituem o caulim são: caulinita, haloisita, diquita e nacrita, e o mais importante industrialmente é a caulinita ($Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$), formada por intemperismo ou por alteração hidrotérmica. Os tipos de caulim variam de acordo com suas características físicas, tais como: alvura, grau de cristalização, opacidade, viscosidade e forma das partículas. Ele tem composições químicas essencialmente similares, porém cada um possui diferenças estruturais. A caulinita na formulação da massa cerâmica para porcelanato tem seu emprego em teores, que variam de 10 a 15%, atribuindo a massa característica a cor branca após a sinterização (BIFFI, 2002).

Os granitos são rochas ígneas que ocorrem frequentemente na crosta terrestre e são constituídos essencialmente por quartzo, feldspato e mica. São rochas duras e resistentes, sendo por essas qualidades usado como rocha ornamental para a construção civil (POPP, 1987).

Porcelanato é definido como qualquer produto esmaltado que, embora denso, impermeável e resistente o suficiente para resistir a arranhões com uma ponta de aço, difere da porcelana por ser mais opaco e, geralmente, parcialmente vitrificado. Ele pode ser vítreo ou semivítreo. Por outro lado, porcelanato decorrente das qualidades da porcelana, refere a um produto cerâmico totalmente vitrificado, sendo impermeável (mesmo sem esmalte), branco ou artificialmente colorido, translúcido (exceto quando muito grosso) e resistente. Como resultado, pode-se definir “grés porcelanato” como sendo um revestimento cerâmico impermeável, totalmente vitrificado, esmaltado ou não, cuja peça queimada é branca ou artificialmente colorida e é feita a partir de uma mistura de caulim (ou argilas cauliniticas), quartzo e feldspato.

Portanto, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a potencialidade da utilização dos resíduos de caulim e granito provenientes do beneficiamento e extração junto as empresas de mineração CAULISE - Caulim do Seridó Ltda. e COTO Comércio, Importação e Exportação Ltda.,

situadas nos municípios de Equador e Parelhas - RN, respectivamente, como matérias-primas para a formulação de massas cerâmicas para grés porcelanato.

Metodologia

Os resíduos analisados foram coletados nos municípios de Equador e Parelhas – RN, nas empresas de mineração CAULISE – Caulim do Seridó Ltda. e COTO Comércio, Importação e Exportação Ltda. (Figura 1), respectivamente, localizado na Província Pegmatítica da Borborema, região sul/central do Rio Grande do Norte.

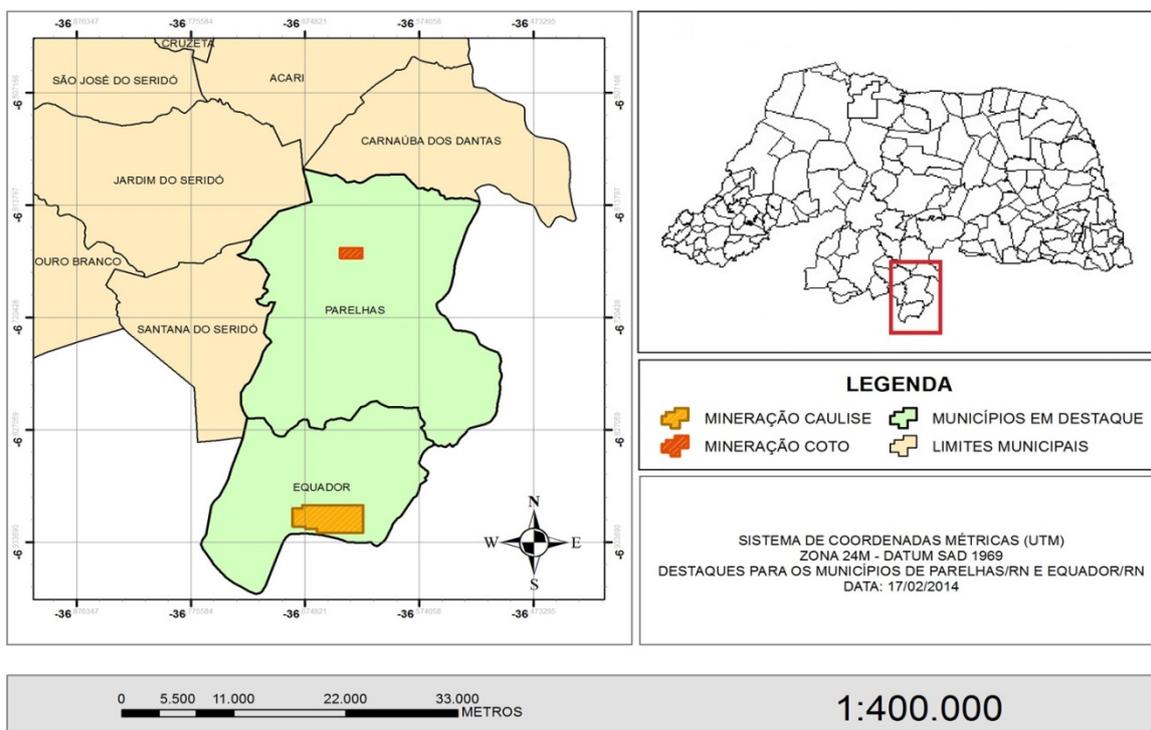


Figura 1: Mapa de localização da área estudada.

O fluxograma (Figura 2) mostra detalhadamente o esquema de procedimento experimental para a fabricação do porcelanato através da utilização de resíduos de caulim e granito, além da argila.



Figura 2 - Esquema do procedimento experimental.

As matérias-primas usadas na formulação de massas de porcelanato assumem em geral, configurações mineralógicas distintas e cada uma exerce uma função própria e específica. As formulações foram analisadas e por conseguinte adotadas oito formulações F1, F2, F3, F4, F5, F6, F7 e F8 com diferentes proporções de resíduos de caulim e granito; as quais foram caracterizadas, e em seguida avaliadas a potencialidade da formulação que após a sinterização e análise de massa específica aparente seja mais favorável para produção de grés porcelanato.

A massa específica aparente (MEA) é a razão entre a massa do CP e seu volume, que quantifica o volume total de poros fechados dos CP e evidencia seu grau de leveza. Tecnicamente determina o peso por metro quadrado de piso cerâmico. A MEA foi determinada de acordo com a equação a seguir (SANTOS, 1989).

$$MEA = \frac{Ps}{(Pu - Pi)}$$

MEA – Massa específica aparente (g/cm³)

Ps – Peso seco (g)

Pu – Peso úmido (g)

Pi – Peso imerso (g)

Resultados e discussão

A tabela 1 mostra o resultado do ensaio de Massa Específica Aparente realizada nos corpos de prova após a queima, com os seus respectivos desvios padrões, na temperatura de queima de 1200°C. A figura 3 mostra a representação gráfica dos valores obtidos.

Tabela 1 – Valores médios de massa específica aparente (g/cm^3) das formulações após a queima.

Temperatura	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8
1200°C	2,144	2,163	2,082	2,122	2,146	2,188	2,069	2,187
	$\pm 0,04$	$\pm 0,04$	$\pm 0,03$	$\pm 0,20$	$\pm 0,05$	$\pm 0,01$	$\pm 0,07$	$\pm 0,08$

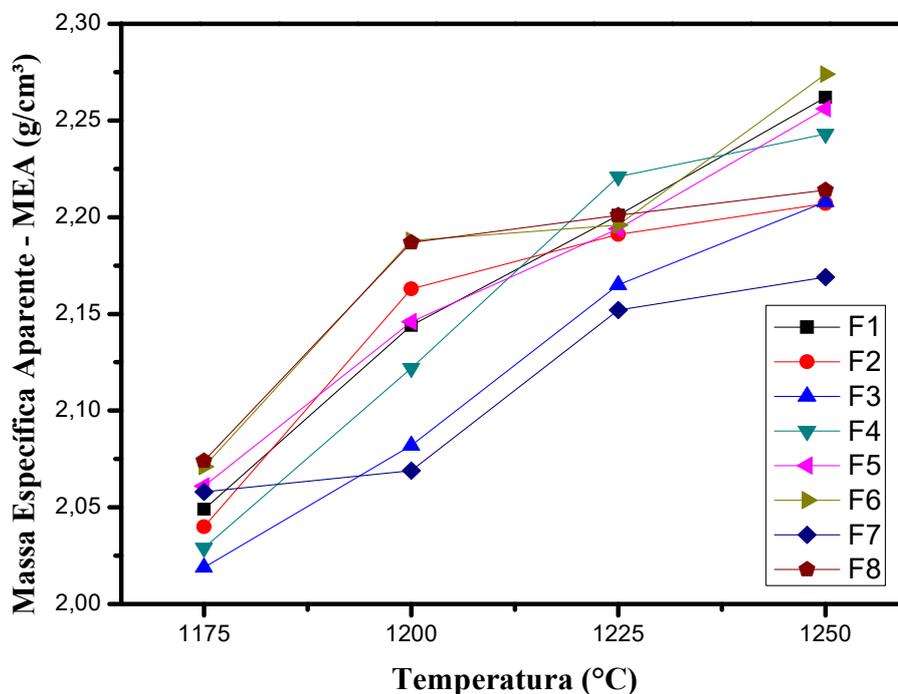


Figura 3 - Ensaio de massa específica aparente (g/cm^3) dos corpos-de-prova.

A massa específica aparente dos corpos-de-prova sinterizados a 1200°C variam entre 2,07 g/cm^3 (F7) e 2,18 g/cm^3 (F6 e F8). Os corpos cerâmicos da formulação F6 e F8 apresentaram as maiores densidades aparentes.

Todas as formulações analisadas apresentaram aumento da massa específica aparente com a elevação da temperatura. Nos processos de sinterização por difusão no estado sólido e com formação de fase líquida há preenchimento dos poros, com isso torna a cerâmica com densidade superior. Os resultados são coerentes com a literatura e evidenciam o comportamento de densificação dos corpos de prova com o aumento da temperatura de sinterização. Quanto maior a

temperatura de sinterização, maior é a quantidade de fase vítrea penetrando e preenchendo os poros, enquanto se encontra na fase líquida durante a sinterização. Dessa forma, maior é a densidade dos corpos cerâmicos (MORAIS, 2007; MENEZES et al., 2002). A Norma europeia (EN 87), exige que a massa específica aparente seja maior que 2,0 g/cm³ para o grés porcelanato, estando em conformidade com todas as formulações.

Conclusões

Como os resultados são favoráveis, é notável o desenvolvimento deste estudo para a preservação dos recursos naturais, prolongando, de forma acentuada, a vida útil desses recursos não renováveis, e, ainda, reduzindo a destruição da paisagem, fauna e flora e validando, com isso, o potencial mineralógico da região do material estudado.

As formulações F6 e F8 apresentaram maiores valores de massa específica aparente, com valores superiores a 2,0 g/cm³ atingindo os valores estabelecidos pela norma europeia (EN 100) para grés porcelanato, confirmando que o uso de resíduos de caulim e de granito em massas cerâmicas se apresentam como excelente potencial para produção de grés porcelanato.

A partir dos resultados de caracterização e dos ensaios tecnológicos, foram constatados que as formulações F6 e F8 são as mais adequadas para a produção de grés porcelanato, tendo um percentual de argila de 45%, resíduos de caulim de 10 ou 20% e resíduos de granito de 35 ou 45%.

O uso de resíduos de caulim e de granito em massas cerâmicas se apresenta como excelente potencial para produção de grés porcelanato.

Referências

BAUCIA JUNIOR, J. A. et al. Estudo de fundentes alternativos para uso em formulações de porcelanato. *Cerâmica*, v. 56, n. 339, p. 262-272, 2010.

BIFFI, G. **O grés porcelanato**: manual de fabricação e técnicas de emprego. 3 ed. São Paulo: Faenza Editrice do Brasil Ltda, 262, 2002.

FERNANDES, M. C. S.; PAULIN FILHO, P. I.; MORELLI, M. R. Análise da superfície de grés porcelanato por microscopia de força atômica. *Cerâmica*, v. 57, n. 342, p. 173-179, 2011.

GIBERTONI, C.; PAULIN, P. I.; MORELLI, M. R. Caracterização de cerâmicas sinterizadas por fluxo viscoso. *Cerâmica*, v. 51, n. 320, p. 331, 2005.

GILBERTONI, C. et al. Caracterização de cerâmica sinterizada por fluxo viscoso. *Revista Cerâmica* 51. p. 331-335, 2005.

HECK, C. Grês porcelanato. **Revista Cerâmica Industrial**, v.1, n. 4-5, p. 21-24, 1996.

SOUSA, J. B. M. **Aproveitamento de resíduos de caulim e granito na formulação de massas cerâmicas para fabricação de grês porcelanato**. 2014. 122f. Tese (Doutorado em Engenharia de Processos) - Programa de pós-graduação em Engenharia de Processos, Universidade Federal do Campina Grande - UFPB, Campina Grande, Paraíba. 2008.

MENEZES, R. R., FERREIRA, H. S., NEVES, G. A., FERREIRA, H. C., **Uso do rejeito de granito como matérias-primas cerâmicas**, *Cerâmica*, v. 48, n. 306, p. 92-101, 2002.

MORAIS, M. L. V. **Aproveitamento de resíduo de beneficiamento de caulim na produção de porcelanato cerâmico**. 2007. 164f. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais) - Programa de pós-graduação em Ciência e Engenharia de Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2007.

POPP, J. H. *Geologia Geral*. Rio de Janeiro: Editora LTC. 6. ed. p. 309, 2010.

RODRIGUEZ, A. M. et al. Propriedades de matérias-primas selecionadas para a produção de grês porcelanato. **Revista Cerâmica Industrial**, v. 9, n. 1, p. 33-38, 2004.

SANTOS, P. S. **Ciência e tecnologia de argilas**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 408 p., v. 1, 1989.