

XIII Congresso Nacional de **MEIO AMBIENTE** de Poços de Caldas

www.meioambientepocos.com.br

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS

21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016

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

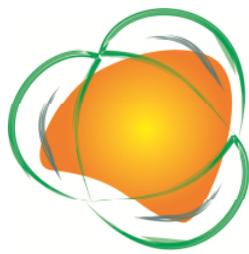
**João Batista Monteiro de Sousa⁽¹⁾; Mauro Froes Meyer⁽²⁾; Elias Nunes Filho⁽³⁾; Djalma Valério
Ribeiro Neto⁽⁴⁾; Paulo Henrique Moraes do Nascimento⁽⁵⁾; Sidney Matias de Carvalho⁽⁶⁾**

(1) Professor; Diretoria Acadêmica de Recursos Naturais (DIAREN); Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte – IFRN, Campus Natal - Central; Natal, Rio Grande do Norte - RN; joao.monteiro@ifrn.edu.br; (2) Professor; Diretoria Acadêmica de Recursos Naturais (DIAREN); Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte – IFRN, Campus Natal - Central; Natal, Rio Grande do Norte - RN; mauro.meyer@ifrn.edu.br; (3) Estudante; Diretoria Acadêmica de Recursos Naturais (DIAREN); Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte – IFRN, Campus Natal - Central; Natal, Rio Grande do Norte - RN; ely_nunes1501@hotmail.com; (4) Estudante; Diretoria Acadêmica de Recursos Naturais (DIAREN); Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte – IFRN, Campus Natal - Central; Natal, Rio Grande do Norte - RN; valerio_cap@hotmail.com; (5) Estudante; Diretoria Acadêmica de Recursos Naturais (DIAREN); Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte – IFRN, Campus Natal - Central; Natal, Rio Grande do Norte - RN; p.h_morais@yahoo.com.br; (6) Estudante; Diretoria Acadêmica de Recursos Naturais (DIAREN); Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte – IFRN, Campus Natal - Central; Natal, Rio Grande do Norte - RN; sidneydmatias@hotmail.com.

Eixo temático: Gerenciamento de Resíduos Sólidos e Líquidos

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 da extração e do beneficiamento dos mesmos 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.

Palavras-chave: Resíduos de caulim e granito. Formulações. Porcelanato. Massa específica aparente.



XIII Congresso Nacional de **MEIO AMBIENTE** de Poços de Caldas

www.meioambientepocos.com.br

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS

21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016

ABSTRACT – Lately mining companies mainly of kaolin processing and granite extraction have been cited by environmentalists as sources of contamination or pollution of the environment due to the huge amount of waste generated and often dumped directly into ecosystems without a treatment process to eliminate or reduce the constituents present. This work aimed to evaluate the potential use of kaolin waste and granite from the extraction and processing of the same in the production of porcelain. To prove the efficiency of these materials to be integrated in the production of this material, eight formulations were produced with different ratios of kaolin and granite and sintered at a temperature of 1200 ° C to generate body-specimens (CP). In order to select the most effective formulation, the specimens were subjected to a bulk density process (MEA), which is the ratio of the mass of the CP and its volume, which quantifies the total volume of closed pores of CP and shows the degree of lightness. Technically determines the weight per square meter of ceramic floor.

Key words: Waste kaolin and granite. Formulations. Porcelain tiles. Bulk density.

Introdução

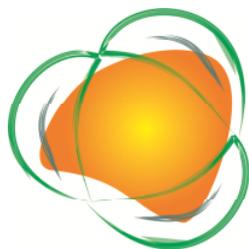
A atividade de mineração, embora geradora de vários impactos ambientais, é imprescindível e necessária para o desenvolvimento de um país em seus mais diversos setores produtivos, tendo sido, ao longo dos anos, um dos sustentáculos dos poderes econômico e político do Brasil. Infelizmente os sistemas de 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.

Segundo Anjos & Neves (2011), uma exploração dos recursos naturais desencadeia um processo de contínua degradação, visto que são produzidos resíduos não aproveitados, e são lançados indiscriminadamente ao meio ambiente.

O Brasil é um dos principais protagonistas no mercado mundial de revestimentos cerâmicos. Dentre esses materiais, o porcelanato é um dos produtos que apresentam grande expansão na escala produtiva (BAUCIA et al., 2010).

No processo de constante modernização de seus produtos, as indústrias de revestimentos cerâmicos desenvolveram o porcelanato, 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. Devendo-se ao alto nível de qualidade de suas matérias-primas (RODRIGUEZ et al., 2004). 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



XIII Congresso Nacional de **MEIO AMBIENTE** de Poços de Caldas

www.meioambientepocos.com.br

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS

21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016

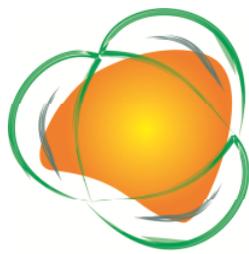
porcelana por ser mais opaco e, geralmente, parcialmente vitrificado. Ele pode ser vítreo ou semivítreo. Por outro lado, porcelanato decorrente das qualidades da porcelana, refere a um produto cerâmico totalmente vitrificado, sendo impermeável (mesmo sem esmalte), branco ou artificialmente colorido, translúcido (exceto quando muito grosso) e resistente.

Portanto, notou-se 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).

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 ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$), formada por intemperismo ou por alteração hidrotérmica. Os caulins possuem composições químicas essencialmente similares, porém cada um possui suas próprias características 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



XIII Congresso Nacional de **MEIO AMBIENTE** de Poços de Caldas

www.meioambientepocos.com.br

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS

21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016

rochas duras e resistentes, sendo por essas qualidades que é usado como rocha ornamental para a construção civil (POPP, 1987).

A partir das descrições pode-se definir 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 cauliníticas), quartzo e feldspato, os dois últimos constituintes do granito.

Material e Métodos

O fluxograma (Figura 1) mostra detalhadamente o esquema de procedimento experimental para a fabricação do porcelanato através da utilização de resíduos de caulim e granito, além da argila.

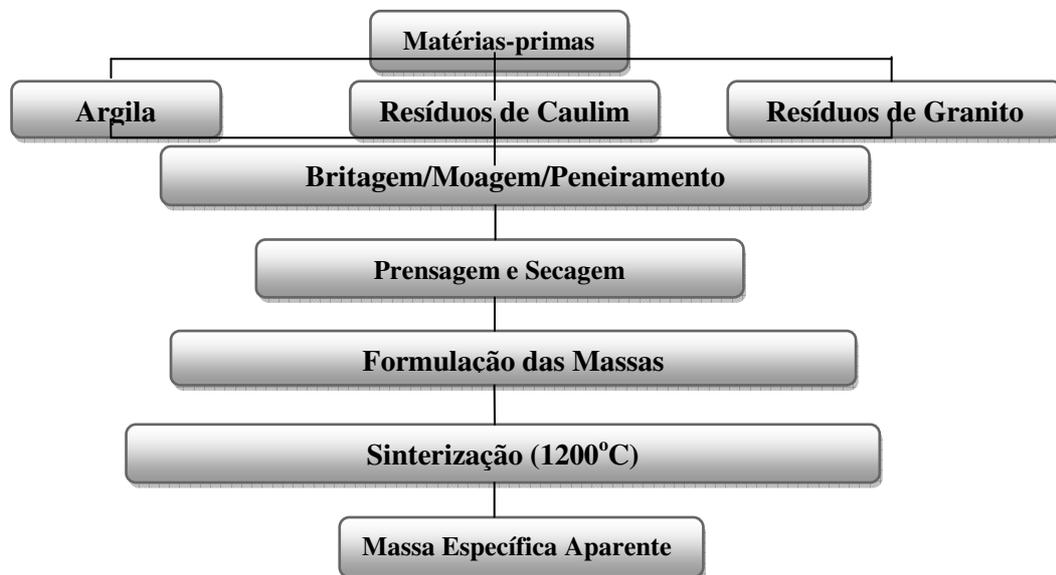
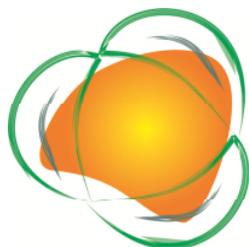


Figura 1 - Esquema do procedimento experimental.

Fonte: SOUSA, J. B. M., (2014).

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 estão apresentadas no quadro abaixo onde foram 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.



XIII Congresso Nacional de **MEIO AMBIENTE** de Poços de Caldas

www.meioambientepocos.com.br

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS

21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016

Quadro 1 - Formulações das massas cerâmicas para revestimento do tipo porcelanato.

Matérias-primas	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8
Argila	50%	50%	50%	50%	45%	45%	45%	45%
Resíduos de caulim	10%	15%	20%	25%	15%	20%	25%	10%
Resíduos de granito	40%	35%	30%	25%	40%	35%	30%	45%
Total	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Fonte: SOUSA, J. B. M., (2014).

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)

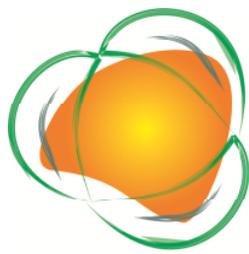
Resultados e Discussão

O Quadro mostra o resultado do ensaio de Massa Específica Aparente realizada nos corpos de prova após a queima, com os seus respectivos desvios padrões.

Quadro 2 – Valores médios de massa específica aparente (g/cm³) das formulações após a queima

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

Fonte: O Autor (2014).



XIII Congresso Nacional de **MEIO AMBIENTE** de Poços de Caldas

www.meioambientepocos.com.br

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS

21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016

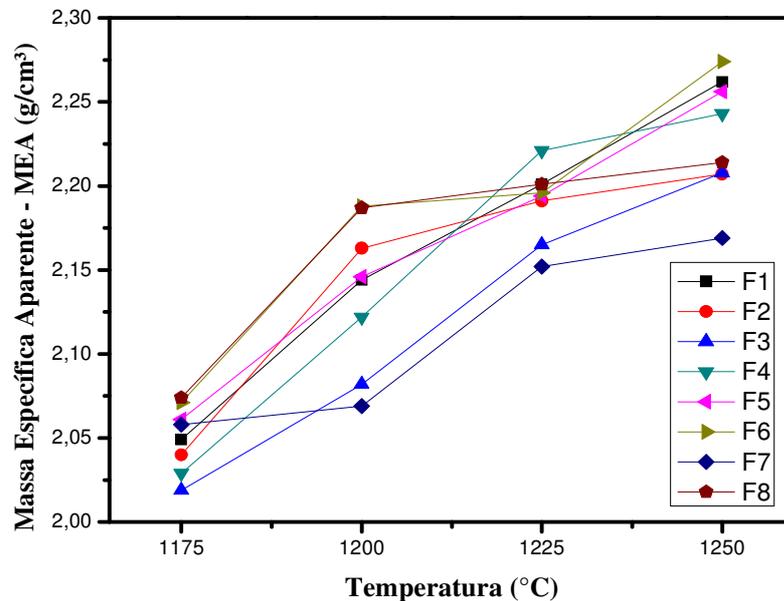


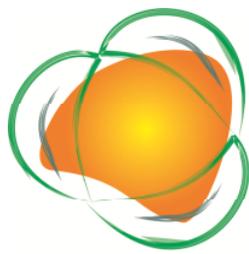
Figura 1 - Ensaio de massa específica aparente (g/cm^3) dos corpos-de-prova.
Fonte: O Autor (2013).

A massa específica aparente dos corpos-de-prova sinterizados a 1200°C variam entre $2,07 \text{ g/cm}^3$ (F7) e $2,18 \text{ g/cm}^3$ (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 (MORAES, 2007; MENEZES et al., 2002). A Norma europeia (EN 87), exige que a massa específica aparente seja maior que $2,0 \text{ g/cm}^3$ 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.



XIII Congresso Nacional de **MEIO AMBIENTE** de Poços de Caldas

www.meioambientepocos.com.br

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS

21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016

As formulações F6 e F8 apresentaram maiores valores de massa específica aparente, com valores superiores a $2,0 \text{ g/cm}^3$ 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.

Referências

ANJOS, C. M.; NEVES, G. A. 3. Utilização do resíduo de caulim para a produção de blocos solo-cal. Revista Eletrônica de Materiais e Processos, v. 6, n. 2, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13818: informações técnicas: Placas cerâmicas para revestimento - Especificação e métodos de ensaios. Rio de Janeiro, 1997. Disponível em: <<http://www.anfacer.org.br>>. Acesso em: 09 nov. 2011.

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. Grés porcelanato. Revista Cerâmica Industrial, v.1, n. 4-5, p. 21-24, 1996.

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.

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 grés 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.

VASCONCELOS, Y. Cerâmica mais sofisticada. Revista pesquisa FAPESP, v. 205, p. 68-73, 2013.