

OBTENÇÃO DE PLACAS CERÂMICAS PELOS PROCESSOS DE Prensagem e Laminação UTILIZANDO RESÍDUO DE GRANITO

Nunes, R. L. S^{1*}, Neves, G. A^{2*} e Santana, L. N. L^{2*}

¹ Aluno de IC do Curso de Eng. de Materiais/CCT/UFCCG

² Professor do Curso de Eng. de Materiais/CCT/UFCCG

* UFCCG. Av. Aprígio Veloso, 882 – Bodocongó – CEP 58.109-970 – Campina Grande-PB

RESUMO

As principais técnicas utilizadas na conformação de revestimentos cerâmicos são extrusão e prensagem. Nos últimos anos algumas pesquisas vem sendo realizadas objetivando produzir placas cerâmicas para revestimento através do processo de conformação por rolos (processo de laminação). Este trabalho, tem como objetivo fazer um estudo comparativo entre os processos de prensagem e laminação utilizando uma massa a qual foi incorporado resíduos de granito para uso em revestimentos cerâmicos. Para a realização dos ensaios, foram formuladas duas massas através do programa computacional REFORMIX 2.0. Sendo posteriormente realizados ensaios de caracterização física e mineralógica, como também caracterização tecnológica. Para os ensaios tecnológicos os corpos de prova foram conformados pelos métodos de prensagem e laminação e em seguida, foram determinadas as propriedades físico-mecânicas nas temperaturas de 1125°C, 1150°C e 1175°C, segundo a norma da ABNT NBR 13818. Os resultados obtidos mostraram a potencialidade do processo de laminação para confecção de placas cerâmicas.

INTRODUÇÃO

Um dos grandes desafios para o século XXI é a eliminação dos resíduos industriais provenientes das empresas mineradoras. Quando observa-se o lado econômico, a geração desordenada e a deposição final sem critérios ambientais, podem ser identificadas como fontes de desperdício de insumos e de matérias-primas. Sob condições adequadas, estes materiais podem ser reaproveitados, diminuindo assim o consumo dos recursos naturais e a necessidade de tratamento, armazenamento ou eliminação dos rejeitos, tendo-se como consequência, a redução dos riscos gerados. O aproveitamento de rejeitos deve ser encarado como atividade complementar, que poderá, inclusive, contribuir para a redução de custos finais, a partir da adição de algum valor ao resíduo.

Pesquisas sobre reciclagem de resíduos vêm sendo desenvolvidas em todo mundo. No Brasil, diversos pesquisadores intensificaram estudos sobre reciclagem de resíduos como matérias-primas cerâmicas. É o caso, da quantidade de resíduos gerados a partir da serragem dos blocos de granito, que quando analisados, possuem volume significativo. Pesquisas realizadas pela Universidade Federal de Campina Grande têm mostrado a potencialidade do uso de resíduos de granitos em

matrizes cerâmicas para uso em revestimentos cerâmicos. Dentre eles tem-se destacado os trabalhos de: NEVES et al.⁽¹⁾ que tem estudado a reciclagem de resíduos da serragem de granitos para uso em cerâmica vermelha; NUNES et al.⁽²⁾ que tem evidenciado o aproveitamento dos resíduos de granitos para uso em revestimentos cerâmicos; NUNES et al.⁽³⁾ que tem estudado o uso de resíduos de granito para confecção de placas cerâmicas através do processo de laminação, em escala laboratorial.

Todos os materiais cerâmicos passam por um processo de conformação. As principais técnicas utilizadas na confecção de revestimentos cerâmicos são prensagem e extrusão. No entanto, apesar de serem processos competitivos na fabricação de peças cerâmicas planas, entretanto, estes apresentam limitações quanto a espessura das mesmas. Por esta razão, está sendo desenvolvida atualmente, uma nova técnica que é o processo de conformação por rolos (laminação), que visa a possibilidade de fabricação de placas com espessura reduzida, tendo como objetivo principal a economia de energia e matérias-primas, sem comprometer o desempenho dos produtos⁽⁴⁾.

A laminação é um processo de conformação que essencialmente consiste na passagem de um corpo sólido (peça) entre dois cilindros (ferramentas) que giram à mesma velocidade periférica, mas em sentidos contrários. Através do ajuste de umidade a uma faixa, que evite tanto os teores de umidade do processo de extrusão de um lado como também da prensagem a seco do outro, resulta uma possibilidade de fabricação especialmente econômica em termos energéticos, porque os processos de secagem e queima podem ser realizados de maneira menos dispendiosa.

O processo de conformação por rolos vem como um processo econômico e de alta qualidade para a manufatura de componentes cerâmicos. Este permite a conformação de peças com várias geometrias, como colunas contínuas, materiais multicamadas e estruturas ocas.

As vantagens potenciais apresentadas formam a base para a realização de novas pesquisas utilizando o processo de laminação para a produção de placas cerâmicas para revestimentos.

Este trabalho tem como objetivo principal estudar o aproveitamento dos resíduos oriundos do beneficiamento de granito em composição de massas para produção de placas cerâmicas, através dos processos de prensagem e laminação.

MATERIAIS

O resíduo da serragem de granitos na forma de lama foi coletado na seguinte beneficiadora.

Resíduo – Proveniente da Empresa FUGI S.A – Mármore e Granitos, Alça Sudoeste, S/N, Distrito Industrial do Ligeiro, Campina Grande-PB.

As matérias primas convencionais foram obtidas de uma indústria local citada abaixo.

Argila, quartzo, caulim e calcita - Provenientes da Indústria ARMIL MINÉRIOS LTDA, localizada no município de Parelha-RN.

MÉTODOS

Ensaio de caracterização da massa

A caracterização das massas foi efetuada através da análise química e de análises térmicas.

Análise Química. As amostras das massas foram submetidas à análise química seguindo as normas do Laboratório de Análise Mineral do CCT/PRAI/UFMG⁽⁵⁾.

Análises Térmicas. As análises termogravimétricas e termogravimétricas foram obtidas através de um sistema de Análise Térmica Modelo RB-3000 da BP Engenharia do Laboratório de Cerâmica do DEMA/CCT/UFMG.

Preparação das amostras

As amostras foram submetidas ao processo de beneficiamento, compreendendo moagem em moinho de galga e peneiramento em malha ABNT nº 100 (0,15mm) e depois colocadas em sacos plásticos.

Composição das massas

As massas cerâmicas foram formuladas com auxílio do “software” de formulação REFORMIX 2.0⁽⁶⁾ do Departamento de Engenharia de Materiais da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) com auxílio dos resultados da composição química.

Consistência da massa

As massas foram umedecidas de acordo com a consistência de cada processo: 7% para os corpos de prova prensados, 19% e 20% para os corpos de prova laminados, para que se pudesse fazer uma comparação entre os dois processos.

Processo de mistura

As massas foram homogeneizadas a frio, por agitação mecânica, durante 30 minutos. A mistura foi realizada em um sistema de mistura Solotest.

Ensaio tecnológico

Corpos de prova prensados

Os ensaios tecnológicos foram realizados em corpos de prova com dimensões de 6,0 x 2,0 x 0,5 cm³, moldados pelo processo de prensagem, secos em estufa a 110°C e queimados nas temperaturas de 1125°C, 1150°C e 1175°C em fornos com atmosfera oxidante, permanecendo na temperatura máxima por 10 minutos. O resfriamento foi natural até a temperatura ambiente.

Corpos de prova laminados

Os ensaios tecnológicos foram realizados em corpos de prova com dimensões de 9,0 x 5,0 x 0,4 cm³, moldados pelo processo de laminação, secos em estufa a 110°C e queimados nas temperaturas de 1125°C, 1150°C e 1175°C em fornos com atmosfera oxidante, permanecendo na temperatura máxima por 10 minutos. O resfriamento foi natural até a temperatura ambiente.

Propriedades físico-mecânicas

Após a queima, os corpos de prova foram submetidos aos seguintes ensaios: absorção de água, massa específica aparente, porosidade aparente, retração linear e tensão de ruptura à flexão. Os valores apresentados foram referentes à média aritmética de quatro determinações, e foram comparados com valores especificados pela norma da ABNT NBR 13818⁽⁷⁾.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela I apresenta o resultado da formulação das massas cerâmicas incorporadas com resíduo de granito.

Tabela I – Composição das massas cerâmicas incorporadas com resíduo de granito.

Massas	Resíduo (%)	Argila (%)	Quartzo (%)	Caulim (%)	Calcita (%)
M1P – (7%)	35	45	05	10	05
M1L – (19%)					
M1L – (20%)					
M2P – (7%)	35	50	-	10	05
M2L – (19%)					
M2L – (20%)					

Onde,

M1P- 7% e M2P-7%: Corpos de prova prensados com as massas 1 e 2 respectivamente, com umidade de 7%.

M1L-19% e M2L-19%: Corpos de prova laminados com as massas 1 e 2 respectivamente, com umidade de 19%.

M1L-20% e M2L-20%: Corpos de prova laminados com as massas 1 e 2 respectivamente, com umidade de 20%.

Ensaio de Caracterização

Composição Química

A Tabela II apresenta os valores das massas utilizadas no estudo.

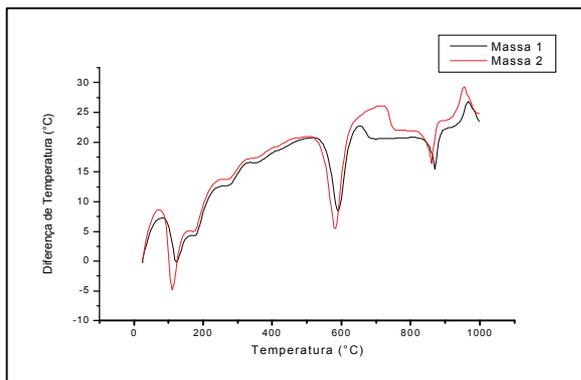
Tabela II – Composição química das massas utilizadas no estudo.

Amostra	SiO ₂ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	MgO (%)	Na ₂ O (%)	K ₂ O (%)
Massa 1	61,51	3,07	24,66	7,00	0,65	1,47	1,59
Massa 2	57,50	3,10	24,85	7,90	1,53	2,30	2,01

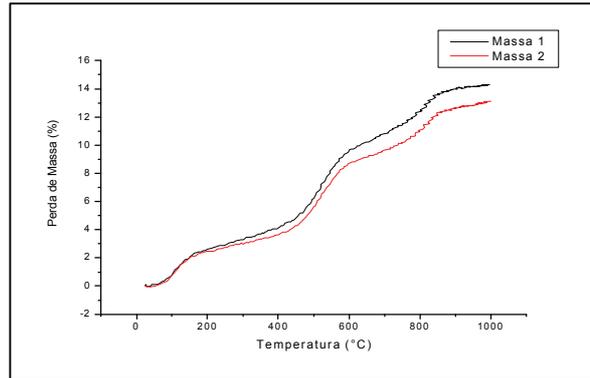
Observando os valores da composição química (Tabela II), verificou-se que as duas massas apresentaram um elevado teor de SiO₂ (61,51% para a Massa 1 e 57,50% para a Massa 2), provenientes dos minerais argilosos e da sílica livre. Os teores de Al₂O₃ estão em torno de 24,00%, normalmente a presença de Al₂O₃ está relacionada com a proporção do mineral argiloso e do feldspato. Os óxidos de ferro (Fe₂O₃), cálcio(CaO), sódio e potássio (Na₂O e K₂O) indicam a presença de agentes fundentes. Estes óxidos reagem com fases amorfas e formam fases cristalinas que são mais estáveis frente à ação da umidade. Com relação ao uso cerâmico, verificou-se que o teor de ferro (Fe₂O₃) inferior a 6% presente nas massas, conduziram a colorações claras, após sinterização.

Análises térmicas

As Figuras 1 e 2 mostram as curvas de análises térmicas diferenciais e gravimétricas das massas estudadas.

**Figura 1 – Curvas de análises termodiferenciais das massas 1 e 2.**

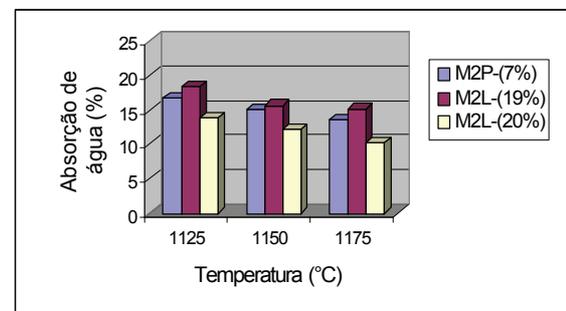
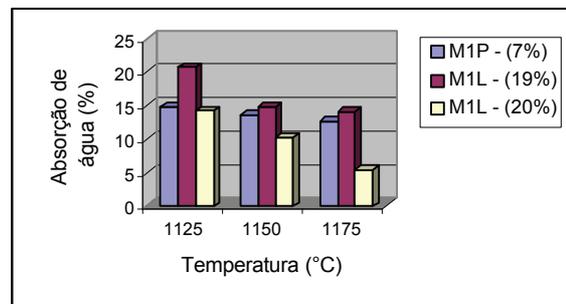
Analisando as curvas de ATD da Figura 1, verificou-se que as massas 1 e 2 apresentaram: pico endotérmico de pequena intensidade à 110°C, o que indica perda de água livre; pico endotérmico de pequena intensidade à 580°C, que provavelmente se refere a perda de hidroxilas; pico endotérmico de pequena intensidade correspondente a decomposição do carbonato de cálcio à 900°C e pico exotérmico de pequena intensidade à 920°C, correspondente a nucleação da mullita.

**Figura 2 - Curvas de análises termogravimétricas das massas 1 e 2.**

Analisando as curvas de ATG da Figura 2, verificou-se que as duas massas apresentaram: perda de massa de 3,14% correspondente a perda de água livre entre a temperatura ambiente e 326°C; perda de massa de 6,26% entre 326 e 680°C, correspondente a matéria orgânica e perda de hidroxilas; perda de massa de 3,47% entre 680 e 963°C, oriunda da decomposição do carbonato de cálcio.

Propriedades Físico-mecânicas

As Figuras 3a, 3b, 4a e 4b apresentam os resultados das propriedades físico-mecânicas dos corpos de prova das composições alternativas incorporadas com resíduo de granito e conformados pelos processos de prensagem e laminação.

**Figuras 3a e 3b – Absorção de água dos corpos de prova conformados com as massas 1 e 2, prensados com 7% de umidade e laminados com 19% e 20% de umidade.**

Observando-se as Figuras 3a e 3b, verificou-se que com o aumento da temperatura houve uma diminuição na absorção de água, que provavelmente foi acentuada com a presença do resíduo na massa cerâmica, o qual possui altos teores de fundentes, o que ocasionou à formação de fase vítrea e que gerou a diminuição dos poros.

Quando se comparou as placas prensadas com as placas laminadas obtidas com as massas com teor de umidade inferior, verificou-se que os valores de absorção de água obtidos para as placas cerâmicas laminadas foram maiores, o que mostra que o teor de umidade das placas laminadas não foi adequado para o processo, não alcançando a consistência adequada.

Comparando-se as placas laminadas, verificou-se que a absorção de água para as massas apresentando menor porcentagem de umidade foram maiores do que os valores obtidos para as placas cerâmicas confeccionados com massas que tem maior porcentagem de umidade. Este resultado provavelmente está relacionado com a deformação plástica dos grânulos dos corpos de prova conformados com a massa de maior porcentagem de umidade, que tendem a apresentar uma maior compactação e conseqüentemente uma maior coesão das partículas.

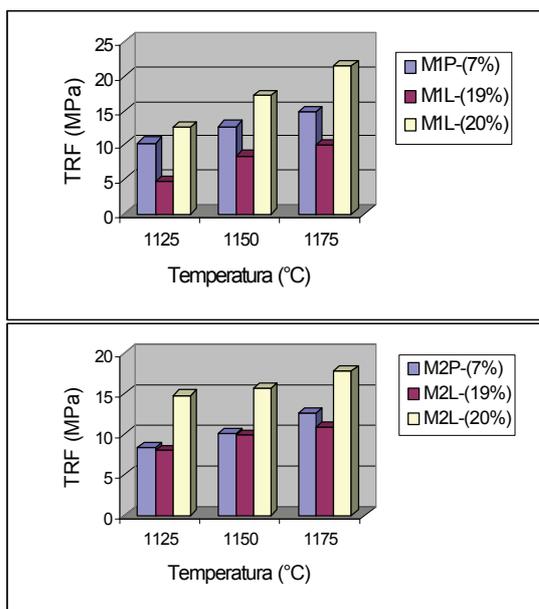


Figura 4a e 4b – Tensão de ruptura à flexão (TRF) dos corpos de prova conformados com as massas 1 e 2, prensados com 7% de umidade e laminados com 19% e 20% de umidade.

Analisando-se as Figuras 4a e 4b, observou-se que houve um aumento da tensão de ruptura à flexão (TRF) com o aumento da temperatura, devido a formação de fase vítrea.

Quando se comparou as placas prensadas com as placas laminadas obtidas com as massas com menor teor umidade, verificou-se que os valores

obtidos de TRF para as placas cerâmicas laminadas foram menores, o que mostra que o teor de umidade das placas laminadas não foi o adequado para o processo.

Comparando-se as placas laminadas, verificou-se que os valores de tensão de ruptura à flexão (TRF) para as placas obtidas com as massas com maior porcentagem de umidade foram maiores do que os valores obtidos para as placas cerâmicas obtidas com as massas com menor porcentagem de umidade. Este resultado pode ser explicado considerando que a umidade atua como um lubrificante da argila e que o aumento da mesma diminui o esforço necessário para que as partículas de argila escorrem uma sobre as outras, gerando uma maior compactação das partículas para massa com maior teor de umidade, já que a densificação depende da facilidade com que os grânulos se deformam plasticamente.

CONCLUSÕES

1. Através do estudo da reciclagem de resíduos da serragem de granito para uso na confecção de placas cerâmicas utilizando os processos de prensagem e laminação, podemos concluir que as massas utilizadas apresentaram composições mineralógicas adequadas para uso em composições cerâmicas;
2. Observou-se que com o aumento de temperatura houve uma diminuição da absorção de água e um aumento da tensão de ruptura à flexão (TRF);
3. As placas laminadas com as massas com maior porcentagem de umidade apresentaram os melhores resultados;
4. Quando se comparou as placas prensadas com as placas laminadas obtidas com as massas com menor teor de umidade, verificou-se que os valores de absorção de água obtidos para as placas cerâmicas laminadas foram maiores, apresentando TRF menores;
5. Comparando-se as placas laminadas, verificou-se que a absorção de água para as massas apresentando menor porcentagem de umidade foram maiores do que os valores obtidos para as placas cerâmicas obtidas com as massas com maior porcentagem de umidade e que as mesmas apresentaram TRF menores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 13 818, 1999.

BALZEREIT, J.; RYMON-LIPINSKI, T.; RASS, I. Roll-Pressing: A New Variation for Shaping Tiles, Journal Info Ceramic Forum International, v.75, n.3, p.111-114, 1998.

E. D. Zanotto, E. L. Marques e A. C. Vergani Jr, REFORMIX 2.0, Concurso Nacional de Software Tecnológico, Universidade Federal de São Carlos – Departamento de Engenharia de Materiais, 1994.

Laboratório de Análise Mineralis, Métodos de Análise Química, CCT/PRAI/UFPB, Campina Grande-PB, 1997.

NEVES, G. A.; FERREIRA, H. C.; SILVA, M.C.; PATRICIO, S. M. R. Utilização de Resíduos da Serragem de Granito para Confecção de Tijolos Cerâmicos. Interação, Campina Grande, PB, v.1, p.3-8,2000.

NUNES, R. L. S.; SILVA, S. F. M.; FERREIRA, H. S.; e NEVES, G. A. Utilização de Resíduos de Granitos na Indústria de Revestimento Cerâmico. Anais III CECEMM, Campina Grande, 2001.

NUNES, R. L. S.; NEVES, G. A.; SANTANA, L. N. L.; e FERREIRA, H. C. Placas Cerâmicas Obtidas pelo Processo de Laminação Utilizando Resíduo de Granito. Anais 47° CBC, João Pessoa, 2003.