

DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS CERÂMICOS VISANDO A OBTENÇÃO DE REVESTIMENTOS PARA PISOS APLICADOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL UTILIZANDO MATÉRIAS PRIMAS DA REGIÃO NORDESTE DO BRASIL

B.C.A. Pinheiro¹; S.F. Souza²; K.A.C. Pêgo³; J.N.F. Holanda⁴

¹ Departamento de Engenharia de Produção – FIC/Grupo UNIS – Rua Romualdo Meneses, 701, 36770-000, Cataguases, MG.

^{1,2,3} Departamento de Design – UEMG – Avenida Olegário Maciel, 1427, 36500-000, Ubá, MG.

⁴ CCT - LAMAV – UENF – Avenida Alberto Lamego, 2000, 28013-602, Campos dos Goytacazes, RJ.

Rua Vigorito Lamas da Silva, 131, Centro, 36788-000 Itamarati de Minas - MG

brunoc@uenf.br

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo estudar as propriedades físico-mecânicas de uma massa cerâmica formulada para a obtenção de revestimentos cerâmicos para utilização na construção civil a partir de matérias primas da região Nordeste do Brasil. Foram confeccionados corpos de prova por prensagem uniaxial com pressão de compactação de 40 MPa. Em seguida, os corpos de prova foram secos em estufa a 110 °C por 24 h e sinterizados nas temperaturas de 1160, 1180, 1200, 1220 e 1240 °C, utilizando-se um ciclo de queima rápido (aproximadamente 1h frio a frio). Após a sinterização, as seguintes propriedades físico-mecânicas foram determinadas: absorção de água, retração linear de queima, massa específica aparente e tensão de ruptura a flexão em três pontos. Os resultados obtidos mostraram que a massa cerâmica formulada a partir de matérias primas da região Nordeste do Brasil apresenta potencial para o desenvolvimento de revestimentos cerâmicos para pisos.

Palavras-chave: Massa cerâmica, Matérias primas, revestimentos cerâmicos.

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de novos produtos é uma atividade de responsabilidade praticamente individual, e no final do século XIX, é uma das atribuições das indústrias ⁽¹⁾.

Desenvolver novos produtos é uma atividade muito importante, porém arriscada, uma vez que pode representar um sucesso, auferindo os lucros esperados, ou mesmo um fracasso, que representaria um prejuízo com o investimento dos recursos envolvidos. O projeto de novos produtos é um problema aberto, não existindo solução única ou ótima, sendo que o resultado final será ponderado entre condicionantes conflitantes, como desempenho x custos ou conforto x desempenho, buscando encontrar uma solução que atenda aos condicionantes colocados inicialmente. Desta forma, é essencial que os objetivos do projeto estejam claros e definidos quantitativamente, e que os projetistas estejam alinhados com os mesmos ⁽²⁾.

Os revestimentos cerâmicos são também chamados de placas cerâmicas e são produzidos a partir de massas cerâmicas que podem ser distinguidas em vermelhas e brancas cujo aspecto é evidenciado após a etapa de sinterização (queima) dos produtos ⁽³⁾. Este grupo de produtos engloba azulejos, ladrilhos e pastilhas, produtos de formato regular, permitindo maior grau de automação. Isto pode ser comprovado pela produção brasileira ao longo da última década, altamente automatizada que levou ao grande volume produzido, reduziu preços e popularizou o uso destes produtos ⁽⁴⁾. A tabela 1 apresenta a classificação dos revestimentos cerâmicos baseada na Norma Internacional ISO 13006.

Tabela 1 – Distinção dos grupos de revestimentos cerâmicos de acordo com as propriedades de absorção de água e Tensão de Ruptura à Flexão.

Produto	ISO 13006	Absorção de Água (%)	Tensão de Ruptura à Flexão (N/mm ²)
Grês	BIa	0 a 0,5	≥ 35
Porcelanatos			
Grês	BIb	0,5 a 3	≥ 30
Semi-grês	BIIa	3 a 6	≥ 32
Semi-poroso	BIIb	6 a 10	≥ 18
Poroso	BIII	> 10	≥ 15

A produção mundial de produtos de revestimentos cerâmicos apresenta uma concentração acentuada em cinco países: Itália, China, Espanha, Brasil e Turquia, os quais respondem por cerca de 60 % desta produção ⁽⁵⁾.

O Brasil aparece como o terceiro maior produtor e quarto exportador mundial. O volume de exportação do Brasil é baixo, sendo um pouco mais de 10 % da sua produção ⁽⁵⁾. Além da elevada demanda interna o Brasil apresenta grande potencial para aumentar a exportação de produtos de revestimentos cerâmicos, o que torna o estudo de desenvolvimento de novas formulações para a obtenção de novos produtos de revestimentos cerâmicos a partir de matérias primas regionais de alto interesse tecnológico e econômico. Assim, o objetivo principal do presente trabalho é estudar as propriedades físico-mecânicas de uma massa cerâmica formulada para o desenvolvimento de novos produtos de revestimentos cerâmicos utilizados na construção civil.

MATERIAIS E MÉTODOS

As matérias primas utilizadas no presente trabalho são caulim, quartzo, feldspato sódico (albita). Essas matérias primas foram fornecidas pela empresa Armil Mineração do Nordeste LTDA, localizada no município de Parelhas – RN. A Tabela 1 apresenta a composição química das matérias primas. A Tabela 2 apresenta a composição das massas cerâmicas estudadas.

As matérias primas, fornecidas na forma de pó fino, foram inicialmente secas em estufa a 110 °C por 24 h e passadas em peneiras 200 mesh (75 µm ABNT). Em seguida, as matérias primas foram pesadas em balança digital ($\pm 0,01$ g) nas quantidades pré-estabelecidas de acordo com a Tabela 2. Logo após, as matérias primas foram submetidas a um processo de mistura, a seco, por 60 minutos em moinho de bolas. As misturas obtidas foram umidificadas com 7 % em peso de umidade, granuladas e colocadas em repouso por 24 h para melhor homogeneização da umidade adicionada. Em seguida, as amostras foram prensadas na forma de barras prismáticas de seção retangular com 115 x 25,4 x 7 mm³, com aproximadamente 40 g. Essas amostras foram conformadas por prensagem uniaxial com pressão de compactação de 40 MPa. As amostras foram secas em estufa a 110 °C por 24 h e sinterizadas nas temperaturas de 1160, 1180, 1200, 1220 e 1240 °C utilizando um ciclo de queima rápido (aproximadamente 1 h –

frio a frio). Os corpos-de-prova foram mantidos na temperatura de patamar durante 6 minutos.

Tabela 1 – Composição química das matérias primas (% peso).

Matérias Primas	SiO₂	Al₂O₃	Fe₂O₃	TiO₂	K₂O	Na₂O	CaO	MgO	P.F.
Caulim	49,14	33,76	0,23	0,01	1,97	0,52	0,30	0,06	14,01
Feldspato Sódico	69,55	18,82	0,14	0,02	1,47	9,63	0,17	0,09	0,32
Quartzo	98,98	0,41	0,01	0,02	0,18	0,13	0,01	0,01	0,26

P.F. = Perda ao Fogo

Tabela 2 – Composição da massa cerâmica estudada (% em massa seca).

Matérias Primas		
Caulim	Quartzo	Feldspato Sódico
50	10	40

Após a sinterização, as amostras foram submetidas a ensaios de massa específica aparente, pelo método geométrico, usando um paquímetro digital ($\pm 0,01$ mm) e balança digital ($\pm 0,01$ g), retração linear de queima (norma MB – 305 ABNT), absorção de água (NBR 6480 ABNT) e tensão de ruptura à flexão por três pontos (C674-77 ASTM). Para este último ensaio foi utilizado uma taxa de carregamento de 0,5 mm/min e a distância entre os cutelos de apoio foram de 90 mm.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 3 mostra os resultados de massa específica aparente, retração linear de queima, absorção de água e tensão de ruptura a flexão das amostras em função da temperatura de sinterização. Pode ser observado que a retração linear aumenta na medida em que se aumenta a temperatura de sinterização. No intervalo de temperatura os valores de retração linear de queima variam entre 5,52 % em 1160 °C a 8,05 % em 1240 °C. Este comportamento pode estar relacionado ao aumento de fase líquida que ocorre devido ao aumento da temperatura de sinterização. Essa fase líquida envolve e rearranja as partículas sólidas, preenche a

porosidade, e conseqüentemente promove uma maior aproximação entre as partículas, resultando na retração dos corpos cerâmicos.

Tabela 3 – Propriedades da massa cerâmica estudada.

Temperatura de Sinterização (°C)	Massa Específica Aparente (g/cm³)	Retração Linear de Queima (%)	Absorção de Água (%)	Tensão de Ruptura a Flexão (MPa)
1160	2,13 ± 0,01	5,52 ± 0,04	5,40 ± 0,5	34,55 ± 1,08
1180	2,15 ± 0,02	5,95 ± 0,05	5,60 ± 0,6	37,03 ± 2,89
1200	2,25 ± 0,01	7,02 ± 0,11	2,90 ± 0,5	36,23 ± 1,07
1220	2,29 ± 0,02	7,79 ± 0,13	1,20 ± 0,2	39,97 ± 2,30
1240	2,30 ± 0,02	8,05 ± 0,16	0,9 ± 0,2	42,15 ± 2,54

Com relação a absorção de água dos corpos cerâmicos pode ser observado que ocorre uma diminuição com concomitante aumento da temperatura de sinterização alcançando o valor de 0,9 % em 1240 °C. Este comportamento também pode estar relacionado ao aumento de fase líquida que ocorre em consequência do aumento da temperatura de sinterização. Esta fase líquida preenche os poros, principalmente, a porosidade aberta promovendo assim a redução na absorção de água dos corpos cerâmicos.

Para os resultados de massa específica aparente dos corpos cerâmicos pode-se notar que de maneira geral a massa específica aparente aumenta com o aumento da temperatura de sinterização alcançando o valor de 2,30 g/cm³ em 1240 °C. Este comportamento também pode estar relacionado com o aumento da quantidade de fase líquida durante a sinterização. Esse aumento de fase líquida ocorre devido ao aumento da temperatura de sinterização. Esta fase líquida, além de preencher os poros abertos promovendo a redução da porosidade, preenche também os pontos de interconexão existentes entre os poros, levando os corpos cerâmicos a uma maior densificação. Além disso, a fase líquida permite que as partículas sólidas se rotacionem de forma a se deslizarem e se rearranjam para uma configuração mais densa.

Para os resultados de tensão de ruptura à flexão dos corpos cerâmicos pode ser observado que a tensão de ruptura também aumenta em função da temperatura de sinterização atingindo o valor de 42,15 MPa em 1240 °C. Isto também pode ser atribuído a maior formação de fase líquida que ocorreu devido ao aumento da temperatura de sinterização. A fase líquida formada elimina a porosidade permitindo um maior rearranjo das partículas sólidas. Esta fase líquida quando se solidifica, constitui-se numa fase vítrea que cimenta as partículas sólidas levando a estrutura do corpo cerâmico para uma configuração mais densa e conseqüentemente mais resistente mecanicamente.

A Tabela IV apresenta os resultados de absorção de água e tensão de ruptura a flexão em função da temperatura da massa cerâmica estudada no presente trabalho. Além disso, a Tabela IV também apresenta uma classificação dos produtos obtidos de em cada temperatura de sinterização de acordo com a Norma ISO 13006.

Tabela 4 - Classificação dos corpos cerâmicos de acordo com a norma ISO 13006.

Temperatura de Sinterização (°C)	Absorção de Água (%)	Tensão de Ruptura a Flexão (MPa)	Classificação ISO 13006
1160	5,40	34,55	Semi Grês
1180	5,60	37,03	Semi Grês
1200	2,90	36,23	Grês
1220	1,20	39,97	Grês
1240	0,90	42,15	Grês

Pode-se observar que a massa cerâmica estudada atingiu as especificações para revestimento cerâmico do tipo semi grês na faixa de temperatura de sinterização de 1160 a 1180 °C. A partir de 1200 °C até 1240 °C a massa cerâmica estudada atingiu as especificações para revestimento cerâmico do tipo grês. Os resultados apresentados na Tabela 4 são de grande importância uma vez que indica que a massa cerâmica demonstra claramente a possibilidade de se ter produtos

classificados como revestimentos cerâmicos para pisos utilizados na construção civil a partir de matérias primas provenientes da região Nordeste do Brasil.

CONCLUSÕES

Os resultados experimentais deste trabalho demonstram claramente que a massa cerâmica formulada a partir de caulim, feldspato sódico (albita) e quartzo provenientes da região Nordeste do Brasil tem potencial para a fabricação de revestimentos cerâmicos para pisos. Ficou evidente o efeito da temperatura de sinterização no processo de densificação dos corpos cerâmicos entre 1160 e 1240 °C. Isto influenciou de forma significativa as propriedades físico-mecânicas dos corpos sinterizados. Os corpos cerâmicos apresentaram retração linear de queima entre 5,52-8,05 %, absorção de água entre 0,9-5,40 %, massa específica aparente entre 2,13-2,30 g/cm³ e tensão de ruptura a flexão entre 34,55-42,15 MPa. Além disso, foram atingidas as especificações para revestimentos cerâmicos do tipo semi grês (BIIa) e grês (BIb) na faixa de temperatura de sinterização estudada.

REFERÊNCIAS

1. CUNHA,, C.C., COELHO, L.F. D'AMICO, A.P.; JUNIOR, C.C.MF. Formação de Compósitos Poliméricos Biodegradáveis Construídos com Vibras Vegetais e Amido Modificado. In: ENCONTRO MINEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 12., 2012, Itajubá – MG. Anais do 12º Encontro Mineiro de Engenharia de Produção Itajubá: EMEPRO, 2012, p. 1-8
2. ARAI, A., TANAKA, A.K.R., MENDES, F.M.A.; RIBEIRO, G.A.R.P.; NAVEIRO, J.T.; JESUS, L.F. FProjeto Aplicado a Situação de Trabalho dos Vendedores Ambulantes de Praias: O Desenvolvimento de Caixa Térmica Ergonômica. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 23., 2003, Ouro Preto – MG. Anais do 23º Encontro Mineiro de Engenharia de Produção Ouro Preto: ENEGEP, ABEPRO, 2003, p. 1-8.
3. PINHEIRO, B.C.A.; HOLANDA, J.N.F.; SILVA, A.G.P. Utilização de Matérias Primas da Região Nordeste do Brasil para a Fabricação de Revestimentos Cerâmicos para Pisos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CERÂMICA, 50., 2006, Blumenau – SC. Anais do 50º Congresso Brasileiro de Cerâmica Blumenau: ABC, 2006. p. 1-9.
4. MOTTA, J.F.M.; ZANARDO, A.; JUNIOR, M.C. As Matérias Primas Cerâmicas. Parte I. O Perfil das Principais Indústrias Cerâmicas e seus Produtos - São Paulo : CERÂMICA INDUSTRIAL, 2001, 06 (02), p. 28-39.
5. GIBERTONI, C., PAULIN Fº, P. I., MORELLI, M. R. Caracterização de Cerâmicas Sinterizadas por Fluxo Viscoso. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA E CIÊNCIA DOS MATERIAIS, 16. Porto Alegre - RS. Anais do XVI Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, Porto Alegre: CBECiMat, 2004.

DEVELOPMENT OF THE FLOOR TILES WITH RAW MATERIALS FROM NORTHERN REGION BRAZIL

ABSTRACT

The objective of this work is the development of floor tiles with raw materials from Northern Brazil. A mixture containing 50 wt % of kaolin, 40 wt % of sodium feldspar and 10 wt % of quartz was prepared and sintered in the temperatures of the 1160, 1180, 1200, 1220 and 1240 °C. The tiles were tested to determine their physical-mechanical properties (linear shrinkage, water absorption, apparent density and flexural strength). The results indicate that the raw materials from Northern Brazil have potential to be use in the production of floor tiles – class BIIa and class BIb.

Keywords: Ceramic mass, Raw materials, Floor tiles.