

## CARACTERIZAÇÃO DE MASSAS DE PORCELANAS COMERCIAIS PARA APLICAÇÕES ARTESANAIS

Guilherme Gralik (UEPG) E-mail: guilherme\_gralik@yahoo.com.br

Adilson Luiz Chinelatto (UEPG) E-mail: adilson@uepg.br

Adriana Scoton Antônio Chinelato (UEPG) E-mail: adriana@uepg.br

**Resumo:** O crescimento do mercado da cerâmica artesanal não é fácil de mensurar. Porém, de acordo com quem se dedica à atividade há alguns anos, o *boom* é recente e pode ser notado pela presença cada vez maior de marcas de cerâmica artesanal em lojas de objetos de design, feiras de produtos feitos à mão e também nas redes sociais. Somente no mercado e-commerce de decoração, do qual as peças em cerâmica fazem parte, subiu 300% nas compras virtuais, entre 2019 e 2021, além disso, apenas em janeiro de 2023, houve um aumento de 9% em relação ao mesmo período do ano anterior. Com um setor aquecido, a arte de modelar materiais cerâmicos passou a ser muito mais que um hobby para algumas pessoas e está se tornando uma fonte de renda. Neste trabalho, foram investigadas três composições de massas de porcelanas, sendo duas delas adquiridas junto ao comércio na forma de barbotina e pasta, respectivamente, para a terceira composição, foi desenvolvida uma formulação própria para efeito de comparação. Para entender melhor as características das amostras, foram realizadas as seguintes análises: difração de raios X (DRX) para determinar as fases presentes e distribuição granulométrica. As amostras comerciais foram secas em estufa com circulação de ar (105°C) por um período de 24 horas, posteriormente, foram desaglomeradas em almofariz, peneiradas em malha Tyler 80 e adicionado 6% de água para auxiliar na compactação. As amostras foram compactadas uniaxialmente em uma prensa hidráulica com uma pressão de compactação de 80 MPa. Após a compactação, as amostras foram sinterizadas nas seguintes temperaturas: 1050°C, 1150°C, 1200°C, 1250°C, em um forno elétrico, com patamar de 2 horas. Após a sinterização, os corpos de prova foram caracterizados por medidas de: densidade aparente (D.A.), porosidade aparente (P.A.), absorção de água (A.A.), módulo de ruptura a flexão em três pontos, difração de raios X (DRX) e microscopia eletrônica de varredura (M.E.V.). Com os resultados encontrados, a amostra importada apresenta maior temperatura de sinterização e resistência mecânica seguida da composição de referência e, finalmente, a composição comercial nacional.

**Palavras-chave:** Porcelana artesanal. Sinterização.

## CHARACTERIZATION OF COMMERCIAL PORCELAIN MASS FOR HANDMADE APPLICATIONS

**Abstract:** The growth of the artisanal ceramics market is not easy to measure. However, according to those who have been involved in the activity for a few years, its “boom” is recent and can be noticed by the increasing presence of artisanal ceramic brands in design objects stores, handmade product fairs and also in social networks. Only in the e-commerce decoration market, which ceramic pieces are a part, there was a 300% increase in virtual purchases between 2019 and 2021. Additionally, only in January 2023, there was a 9% increase compared to the same period the previous year. With a heated sector, the art of modeling ceramic materials has become much more than a hobby for some people, developing into a source of income. In this work, three compositions of porcelain masses were investigated, two of which were acquired from the market in the form of slip and paste, respectively, and the third composition was developed with a reference sample formulation for comparison purposes. To better understand the characteristics of the samples, the following analyzes were carried out: X-ray diffraction to determine phases present and particle size distribution. The commercial samples were dried in an oven with air circulation (105°C) for a period of 24 hours, then de-agglomerated in a mortar, sieved through a Tyler 80 mesh and 6% water was added to aid in compaction. The samples were uniaxially compacted in a hydraulic press with a compaction pressure of 80 MPa. After compaction, the samples were sintered at the following temperatures: 1050°C, 1150°C, 1200°C, 1250°C, in an electric oven, with a plateau of 2 hours. After sintering, the specimens were characterized by measurements: apparent density, apparent porosity, water absorption, modulus of rupture at three-point bending, X-ray diffraction and scanning electron microscopy. From the results found, the imported sample presents a higher sintering temperature and mechanical resistance, followed by the reference sample and finally the national sample.

**Keywords:** Handmade porcelain. Sintering.

## 1. Introdução

Com a globalização, passou-se a valorizar mais a identidade das coisas e o artesanato vem justamente ao encontro dessa perspectiva da sociedade, que está relacionada a questões afetivas, lembranças, status e afirmação de si mesmo. Por outro lado, valores que durante séculos foram enraizados na sociedade, propiciados pela indústria, como a necessidade de inovação constante, extrema qualidade produtiva, perfeição formal, baixos preços e grande variedade de formas e modelos para escolha na hora da compra, opõem-se em alguns aspectos à proposta artesanal (NÓBREGA *et al.*, 2010).

É fato que a cerâmica de autoria passa a atender a um nicho de mercado específico, do qual a indústria não poderia suprir as necessidades. Isso pode indicar que a busca deve ser, então, em direção contrária, não tentando ter atributos industriais, mas, sim, sendo cada vez mais artesanal (NÓBREGA *et al.*, 2010).

Do ponto de vista sociológico, a cerâmica pode ser distinguida entre artesanal, artística e industrial. Uma obra pode ser considerada artística quando está subordinada a um momento estético, existindo expressão e conteúdo, e sendo uma solução elaborada, consciente e criativa para o problema que origina a obra por seu criador, sendo a obra de arte peça única. Na indústria, assim que o criador soluciona um problema, a solução é reproduzida mecanicamente muitas vezes, em produção seriada, sendo o oposto da arte. A cerâmica artesanal se situa no meio termo entre a arte e a indústria, pois se aplica a mesma solução para um determinado número de peças, sendo a produção essencialmente manual. Apesar de uma peça nunca ser exatamente igual a outra, uma vez que o método de trabalho é manual, ainda assim o tipo de solução que se aplica aos problemas observados se resolve do mesmo modo, ou com pequenas variantes (CHITI, 1990).

Segundo dados divulgados pelo *Think with Google Brasil*, houve um aumento de 55% nas buscas por itens de cama, mesa, banho, decoração e jardim, reforçando as oportunidades de expansão do mercado de cerâmica artesanal. O mercado chinês já identificou a oportunidade de “cópia” e reprodução em larga escala de cerâmicas que têm características visuais muito semelhantes à cerâmica artesanal, configurando uma ameaça ao mercado artesanal, uma vez que não há condições de competir em preço e velocidade de produção. Dessa forma, a importância de ateliês estreitarem a relação com seu mercado consumidor se faz ainda mais alta. Valorizar o processo produtivo e explorar a poesia envolvida na produção da cerâmica artesanal são formas de se diferenciar e valorizar esse trabalho, distanciando-se do mercado chinês (NOBRE, 2022).

As porcelanas são definidas como um artigo cerâmico vítreo, vidrado ou não, sendo classificadas por meio do teor de absorção de água que, ao chegar a zero ou até no máximo 0,5%, considera-se porcelana. Em geral, são caracterizadas pela presença de fases cristalinas, distintas pelos contornos das partículas mais refratárias envolvidas por uma matriz vítrea ligando todas as partículas e são queimadas em temperaturas acima de 1250°C (BRAGANÇA; BERGMANN, 2004).

O objetivo do presente trabalho foi investigar três composições de massas de porcelanas, sendo duas delas adquiridas junto ao comércio na forma de barbotina e massa e a terceira foi desenvolvida para efeito de comparação, para, dessa forma, identificar propriedades que podem ser relevantes na seleção da matéria-prima adequada para determinadas aplicações, considerando o custo de compra.

## **2. Materiais e Métodos**

Foram avaliadas duas amostras de porcelanas comerciais, sendo uma nacional e outra importada. Para obtenção dos corpos de prova dessas amostras comerciais, foi realizada a partição e secagem em estufa com circulação de ar, a uma temperatura de 105°C, durante 24 horas. Posteriormente, as amostras foram desaglomeradas em almofariz e peneiradas em malha 80 Tyler. Após o peneiramento, o pó foi depositado em saco plástico com 5% de umidade e deixado por 24 horas, para auxiliar na compactação.

Para o preparo da massa de referência, as matérias-primas feldspato, quartzo, caulim e argila plástica foram moídas separadamente em um moinho de bolas, utilizando bolas de alumina na proporção 1:2 em meio aquoso e utilizando 1 % de defloculante (silicato de sódio), em um tempo de moagem de 6 horas. Posteriormente, o material foi seco em uma estufa com circulação de ar a uma temperatura de 105°C, durante 24 horas. Os materiais foram desaglomerados em almofariz e peneirados em malha 80 Tyler. Após o peneiramento, os materiais que compõem a formulação da porcelana de referência foram misturados na seguinte proporção: feldspato 35%, quartzo 30%, caulim 25% e argila 10% (porcelana artística). A composição foi homogeneizada por um período de 2 horas em um moinho de bolas, utilizando bolas de alumina na proporção 1:2 em meio aquoso e utilizando 1 % de defloculante (silicato de sódio). Após a homogeneização, a composição foi seca em estufa com circulação de ar a uma temperatura de 105°C, durante 24 horas. Posteriormente, a composição foi desaglomerada com auxílio de gral e pistilo e peneirada em malha 80 Tyler. Após o peneiramento, a composição foi depositada em saco plástico, com 5% de umidade, durante 24 horas, para auxiliar na compactação.

As possíveis fases presentes nas amostras comerciais e na composição de referência foram determinadas por difração de raios X, em um equipamento Rigaku/ZSX Primus II), com condições de difração de  $2\theta$  variando de 10° a 90°, com velocidade de varredura de 2°/min. Os espectros foram identificados utilizando o programa Match Phase Identification from Powder Diffraction versão 1.11. Para a análise, as amostras foram moídas e peneiradas em malha Tyler 200. Para determinar a distribuição de tamanho de partícula foi utilizado um granulômetro CILAS 920.

Para a etapa de compactação, os corpos de prova foram compactados utilizando um molde metálico retangular e uma prensa hidráulica uniaxial a 80 MPa. Posteriormente, as amostras foram sinterizadas nas seguintes temperaturas: 1000°C, 1050°C, 1150°C, 1200°C e 1250°C, em um forno elétrico JUNG, com taxa de aquecimento de 10°C/min., com patamar na temperatura máxima por 2 horas.

Após a sinterização, foi realizada a análise de difração de raios X nas amostras com maiores resistências mecânicas no mesmo equipamento e condições, como descrito acima. A resistência mecânica foi determinada por flexão de três pontos em uma máquina de ensaio universal modelo Shimadzu Autograph AGS, com carga máxima de 10 kN.

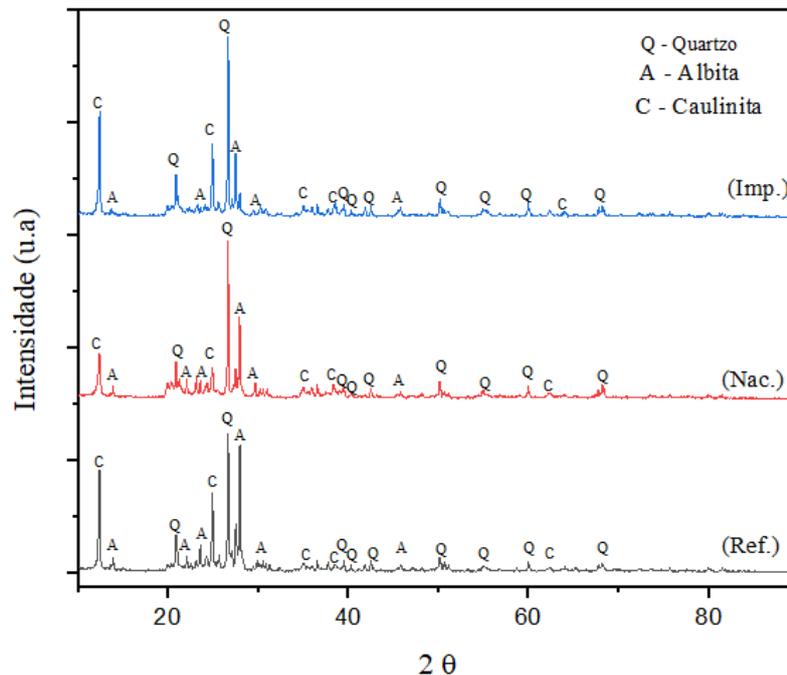
A densidade aparente (D.A.), porosidade aparente (P.A.) e absorção de água (A.A.) foram determinadas pelo método de imersão em água destilada, utilizando o Princípio de Arquimedes.

A microestrutura das amostras foi avaliada por microscopia eletrônica de varredura (M.E.V.). Para isso, as amostras foram fraturadas e posteriormente lixadas, polidas e atacadas com ácido fluorídrico 5%, por 15 segundos, para revelar a microestrutura. Em seguida, foi realizado o recobrimento das amostras pelo método sputtering, para

formação de uma fina camada de ouro na superfície de observação em um equipamento de recobrimento a plasma, marca Shimadzu, modelo Ion Coater IC-50 e obtidas as imagens em um microscópio eletrônico de varredura Mira 3/Tescan.

### 3. Resultados e discussão

A Figura 1 apresenta a difração de raios X das composições estudadas, sendo a composição de referência indicada por (*Ref.*), a composição comercial de origem nacional indicada por (*Nac.*) e a composição importada do Canadá por (*Imp.*), nomenclatura adotada nas demais análises.

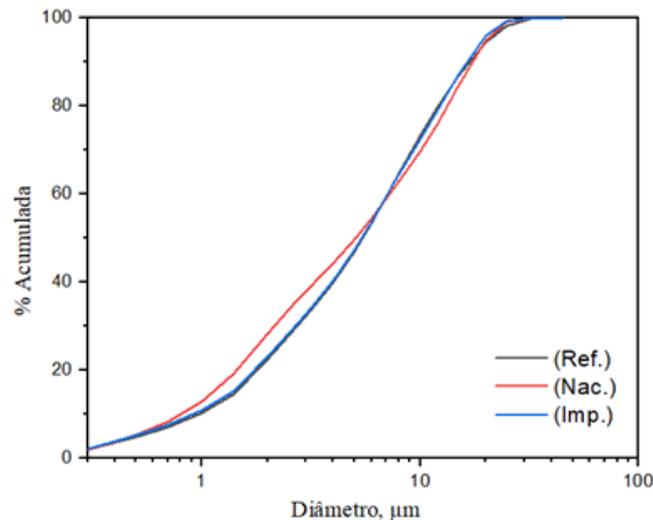


**Figura 1** – Difração de raios X das composições de porcelanas analisadas.  
Fonte: os autores.

As principais matérias-primas usadas na produção de porcelanas são: argila, caulim, feldspato e quartzo. Na Figura 1, observa-se que o caulim apresenta picos de caulinita, também é possível observar que o feldspato apresenta picos da albite e o quartzo está relacionado a picos relativos ao quartzo  $\alpha$  em todas as amostras analisadas.

O caulim é responsável pela alvura depois da massa queimada e também é utilizado para diminuir o coeficiente de dilatação da massa (CHATERJEE *et al.*, 2001). O feldspato é a matéria-prima responsável pela diminuição da temperatura de queima de peças cerâmicas (DROZDA, 2003) e o quartzo é utilizado quando se busca diminuir a plasticidade da massa e a deformação piropelástica, além de diminuir a retração na secagem e queima (FONTANELLA, 2007).

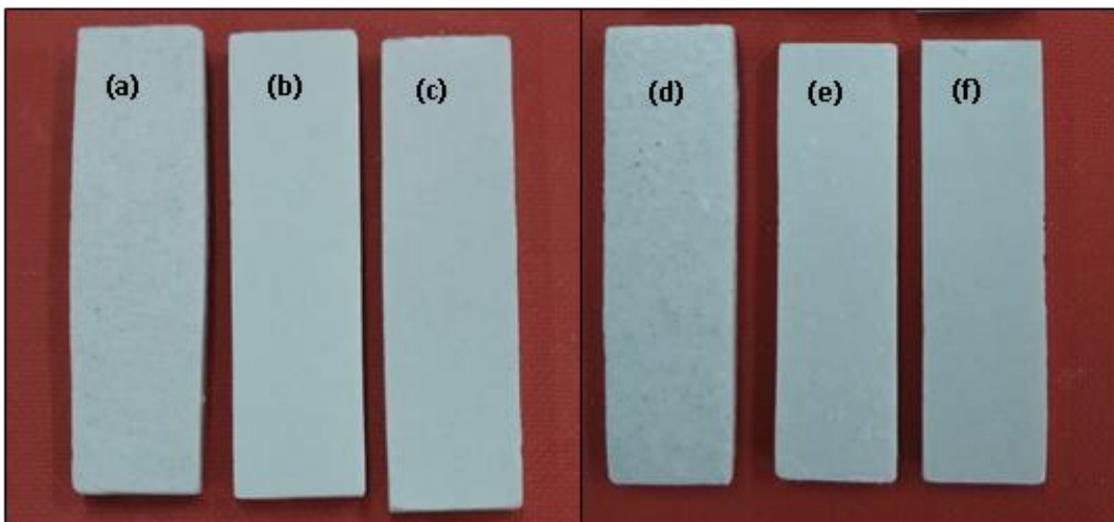
Na Figura 2, pode-se observar a distribuição de tamanho de partículas das composições analisadas.



**Figura 2** - Distribuição de tamanho de partículas das composições analisadas.  
Fonte: os autores.

As distribuições de tamanho de partículas para as composições analisadas, representadas na Figura 2, apresentaram-se semelhantes, possibilitando assim uma melhor análise dos compactos e da sinterização. Os tamanhos médios de partículas ( $d_{50}$ ) foram  $5,46 \mu\text{m}$  para a composição de referência (*Ref.*); para a composição de origem nacional (*Nac.*) foi de  $5,06 \mu\text{m}$ ; e para a composição importada (*Imp.*) foi de  $5,39 \mu\text{m}$ . Desta forma, o tempo de moagem das matérias-primas para a composição de referência foi adequado para efeito de comparação com as demais amostras comerciais.

Na Figura 3, é possível observar a imagem dos corpos de prova após a sinterização, em temperaturas de sinterização de  $1200^{\circ}\text{C}$  e  $1250^{\circ}\text{C}$ .

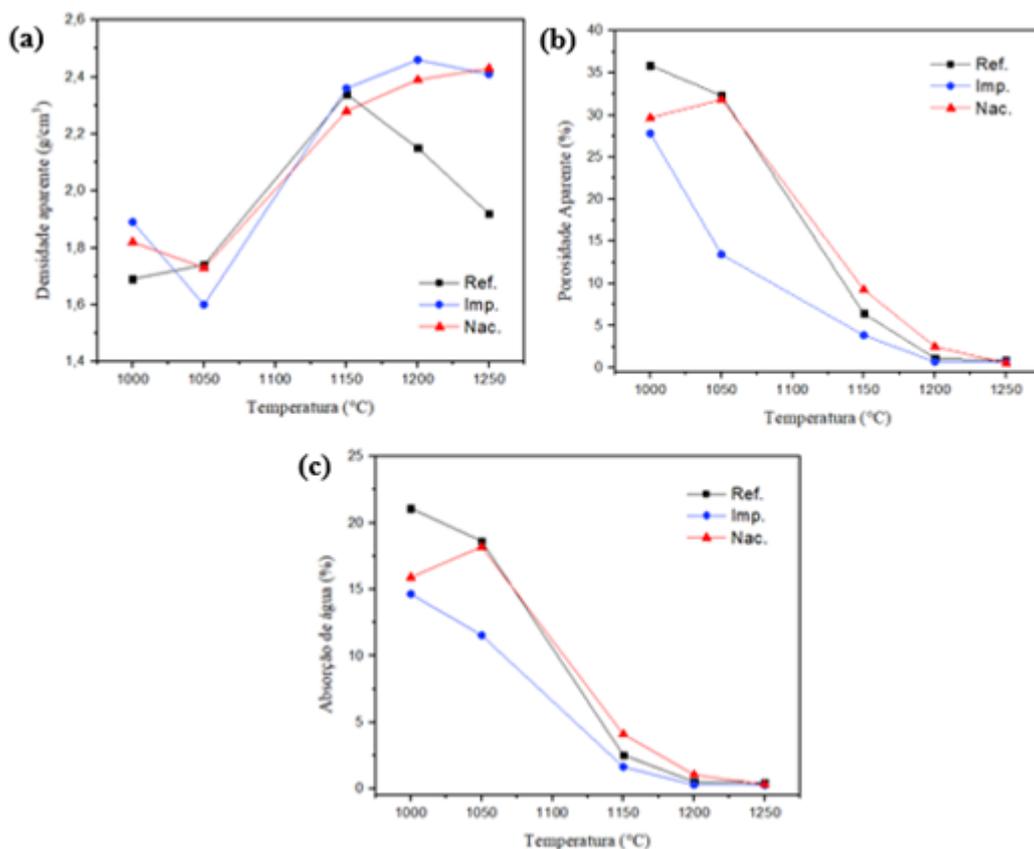


**Figura 3** – Imagens dos corpos de prova das composições analisadas e as temperaturas de sinterização: (a) composição (*Ref.*) -  $1200^{\circ}\text{C}$ , (b) composição (*Nac.*) -  $1200^{\circ}\text{C}$ , (c) composição (*Imp.*) -  $1200^{\circ}\text{C}$ , (d) composição (*Ref.*) -  $1250^{\circ}\text{C}$ , (e) composição (*Nac.*) -  $1250^{\circ}\text{C}$ , (f) composição (*Imp.*) -  $1250^{\circ}\text{C}$ .  
Fonte: os autores.

É possível observar que a composição de referência (*Ref.*) começou a apresentar deformação piropilástica na temperatura de sinterização de  $1250^{\circ}\text{C}$ , com uma superfície irregular e excessivamente vitrificada. As composições de origem nacional (*Nac.*) e importada (*Imp.*) apresentaram os melhores resultados na temperatura de sinterização de  $1250^{\circ}\text{C}$ , com superfície lisa e branca. São diversos os fatores que levam à deformação

piroplástica, sendo os principais fatores a quantidade, a viscosidade e a composição do líquido formado (CHINELATTO, 2004; BRAGANÇA; BERGMANN, 2004).

A Figura 4 apresenta os resultados de densidade aparente (a), porosidade aparente (b) e absorção de água (c), nas diferentes temperaturas de sinterização. Os gráficos apresentam os valores médios de cada propriedade obtidos para cada composição, em função da temperatura de sinterização. A densidade aparente de todas as composições, mostradas na Figura 4 (a), apresentaram valores crescentes até a temperatura de 1150°C, nas temperaturas de 1200°C e 1250°C, a composição de referência (*Ref.*) apresentou queda nos valores de densidade aparente, provavelmente associada à formação de porosidade fechada, as demais composições apresentaram estabilidade nas maiores temperaturas de sinterização e valores muito próximos na temperatura de sinterização de 1250°C.



**Figura 4** – (a) Variação de densidade aparente (D.A.); (b) porosidade aparente (P.A.) e (c) absorção de água (A.A). aqui nesses gráficos seria importante colocar os desvios padrão.

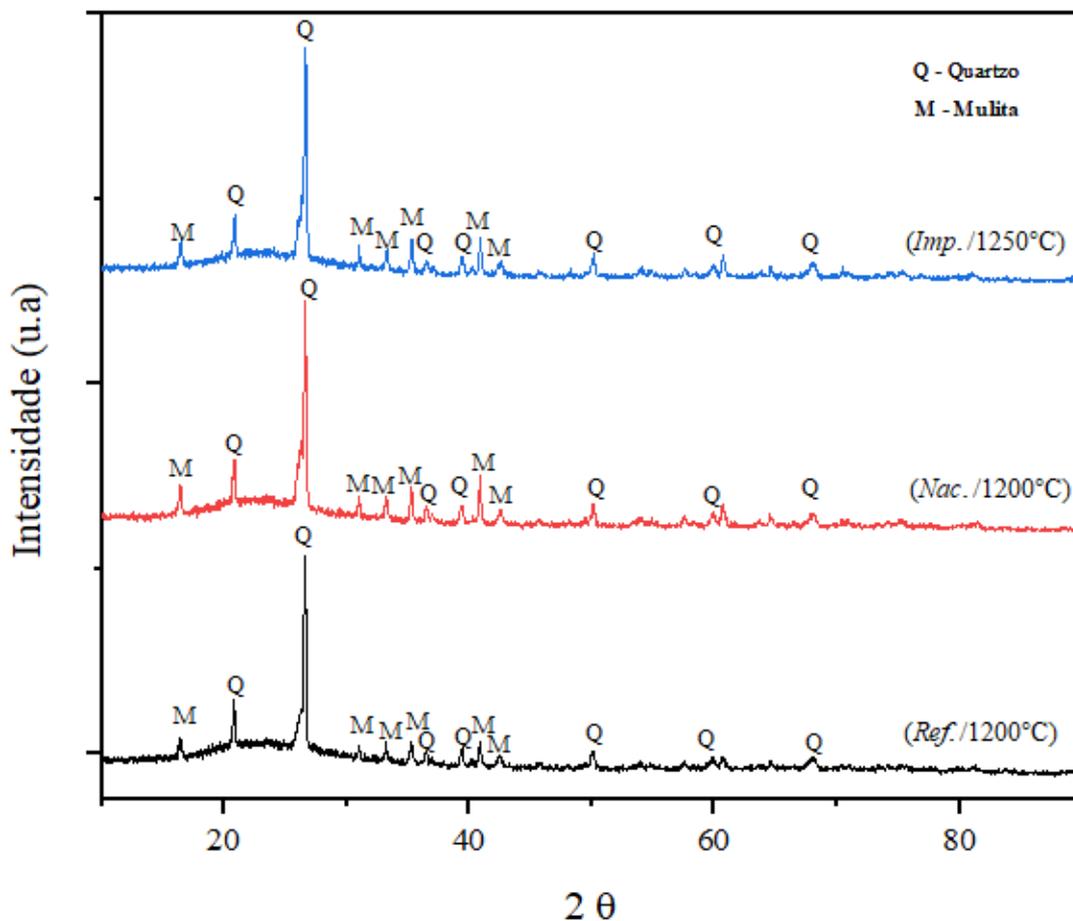
Fonte: os autores.

Com o aumento de temperatura, as amostras de todas as composições estudadas apresentaram uma redução na porosidade aparente e, conseqüentemente, uma redução nos valores de absorção de água. Os resultados de porosidade aparente e absorção de água, apresentados na Figura 4 (b) e 4 (c), mostram que, até a temperatura de 1150°C, os compactos apresentaram uma porosidade elevada e uma alta absorção de água, indicando uma sinterização incompleta. Para a temperatura de sinterização de 1200°C, as composições apresentaram porosidade aparente e absorção de água muito baixas. Na temperatura de 1250°C, todas as composições apresentaram porosidade e absorção de

água abaixo de 1%, porém, a composição de referência (*Ref.*) apresentou deformação piropiástica.

Os maiores valores de resistência mecânica foram alcançados na composição importada (*Imp.*: 77,16 N/mm<sup>2</sup> - 1250°C), seguida pela composição de referência (*Ref.*: 55,84 N/mm<sup>2</sup> - 1200°C); e os menores valores foram alcançados na composição comercial nacional (*Nac.*: 53,28 N/mm<sup>2</sup> - 1200°C).

Na Figura 5, é possível observar, pelos os difratogramas de raios X das composições após a sinterização que apresentaram os melhores resultados de resistência mecânica que a fases cristalinas formadas, mulita e quartzo, são as mesmas para as três composições estudadas.



**Figura 5** – Difração de raios X das composições de referência (*Ref.*), sinterizada a 1200°C; comercial (*Nac.*) sinterizada a 1200°C e importada (*Imp.*), sinterizada a 1250°C.

Fonte: os autores.

Por meio das imagens das porcelanas sinterizadas a 1200°C e 1250°C, obtidas por microscopia eletrônica de varredura, apresentada na Figura 6, pode-se destacar a presença de mulita primária, mulita secundária e grãos de quartzo dispersos em uma matriz vítrea. A mulita primária se apresenta na forma de um agregado de cristais de pequenas dimensões e é formada a partir da argila caulínica e a mulita secundária se apresenta na forma de agulhas prismáticas, formada na região da fase vítrea.

As trincas presentes nas micrografias nos contornos de fase estão ligadas aos coeficientes de expansão térmica; esse trincamento em torno das partículas ocorre quando as fases se contraem mais que a matriz, isso acontece com partículas de quartzo e matriz vítrea felspática. As tensões geradas e também o trincamento se tornam mais

severos devido à transformação do quartzo ( $\beta \rightarrow \alpha$ ), durante o resfriamento. O tamanho das partículas é um fator de extrema importância no desenvolvimento de trincas (SANTOS, 1992). Essas trincas se tornam mais pronunciadas devido ao ataque ácido utilizado para revelar as demais fases.

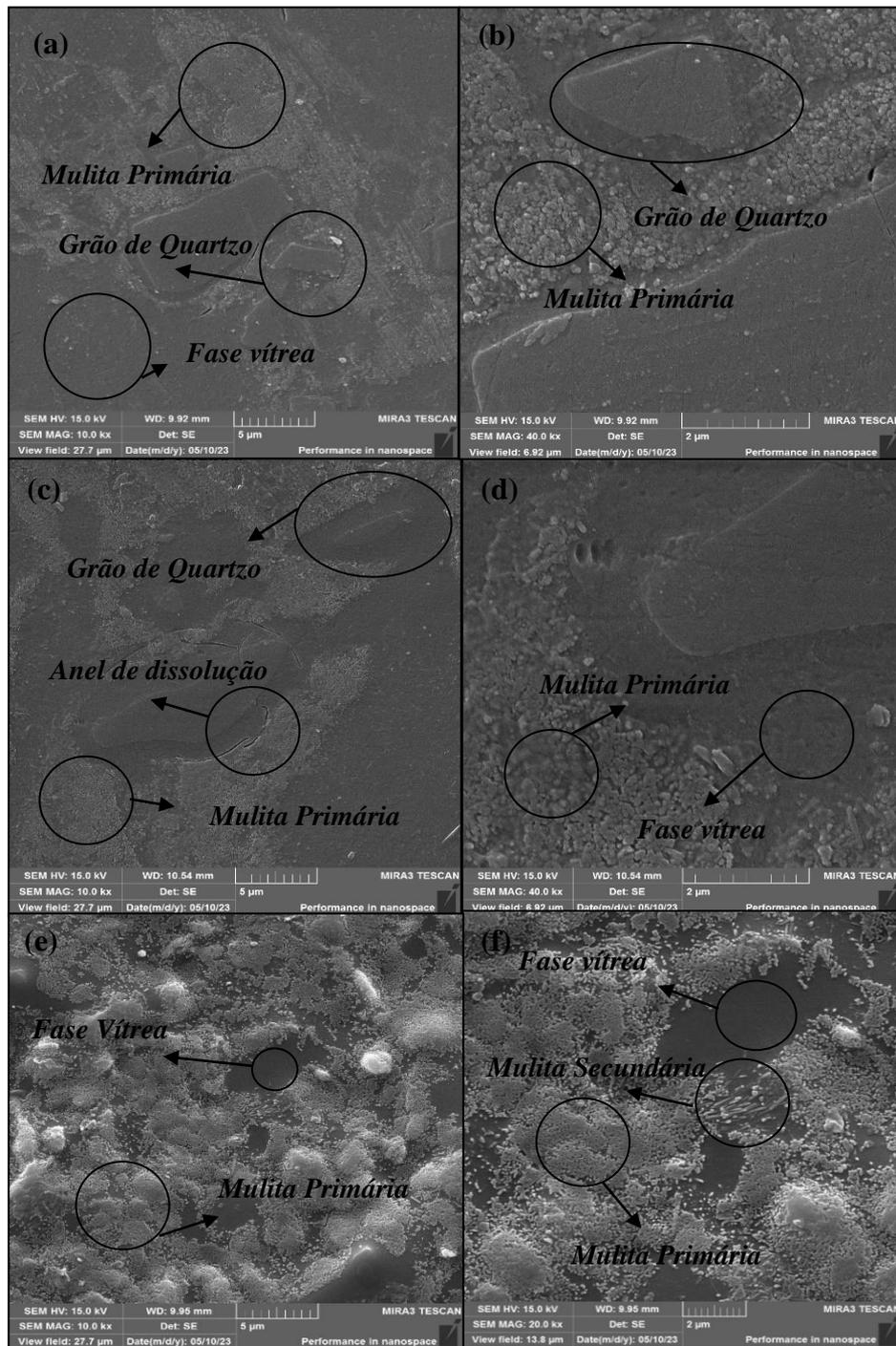


Figura 6 – Micrografias das porcelanas sinterizadas à 1200°C: Ref. (a), Nac. (c) e Imp. (e), sinterizadas a 1250°C: Ref. (b), Nac. (d) e Imp. (e).

Fonte: os autores.

É possível observar que os grãos de quartzo se apresentam com contornos arredondados e possuem um contorno formado pela fase vítrea ao redor da partícula, devido à dissolução parcial do quartzo na fase vítrea. Observa-se também que, ao redor do

mesmo, não existe a formação de fases cristalinas, provavelmente devido à alta concentração de sílica dissolvida no vidro. Esse fenômeno ao redor do grão de quartzo se chama anel de dissolução.

A fase mulita é de grande importância para aplicações em cerâmicas, devido à sua baixa expansão térmica, boa estabilidade química e térmica, além disso, apresenta alta resistência à abrasão, resistência mecânica, resistência ao ataque químico, dureza superficial, baixos valores de absorção de água e isolamento a descargas elétricas estáticas (LEE; IQBAL, 2001). É possível relacionar os maiores valores de resistência mecânica encontrados na amostra importada (*Imp.*) devido às maiores quantidades de mulita verificadas nas imagens da microestrutura (Figura 6 (e)).

#### 4. Conclusões

Com base nos resultados obtidos pelas caracterizações, conclui-se que as temperaturas de sinterização da amostra de origem nacional (*Nac.*) e da importada (*Imp.*) são próximas (1250°C), porém, a composição de referência (*Ref.*) alcançou uma mínima porosidade sem ocorrer a deformação piropelástica a uma temperatura inferior (1200°C), apresentando, contudo, resistência inferior às porcelanas comerciais. Uma alteração na proporção entre os constituintes mineralógicos poderia otimizar as propriedades da composição de referência (*Ref.*).

A composição importada (*Imp.*) possui custo cinco vezes superior à composição nacional (*Nac.*), porém, com propriedades muito semelhantes. A utilização de uma matéria-prima de alto custo seria justificável em peças de cerâmica artística que possuem elevado valor agregado ou em mercados específicos como o de bijuterias finas.

#### Referências

- BRAGANÇA, S. R.; BERGMANN, C. P. *Microestrutura e propriedades de porcelanas*. Cerâmica, v. 50, n. 316, p. 291-299, 2004.
- BRAGANÇA, S. R.; BERGMANN, C. P. *Aspectos teóricos e práticos sobre a resistência mecânica em porcelanas*. Cerâmica, v. 50, p. 145-155, 2004.
- CHATERJEE, A.; CHITWADGI, S.; KULKARNI, M. KAVIRAJ, A. K. *Efeito da razão entre feldspato sódico e potássico no desenvolvimento de fases e microestruturas de porcelanatos queimados*. Cerâmica Industrial, São Paulo, v.6, n.5, p.23-26, set./dez. 2001.
- CHINELATTO, A. L.; SOUZA, D. P. F. *Porcelanas elétricas aluminosas: Parte I – Revisão da literatura*. Cerâmica. v. 50, n. 313, p.62-68, jan./mar., 2004.
- CHITI, J. F. *Curso prático de cerâmica: artística y artesanal*. Tomo 1. 1990. Buenos Aires: Ediciones Condorhuasi, 1990. 285p.
- DROZDA, F. O. *Otimização da Porosidade Fechada de Grês Porcelanato*. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência dos Materiais) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2003. 72f.
- FONTANELLA, C. A. *Recobrimentos hidrofóbicos para uso em isoladores porcelânicos de alta tensão*. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2007. 113f.
- LEE, W. E.; IQBAL, Y. *Influence of mixing on mullite formation in porcelain*. Journal of the European Ceramic Society. v. 21, p. 2583-2586, 2001.
- NOBRE, C. M.; *Hábitos do Consumidor Pós-Pandêmico e as Oportunidades para o Mercado da Cerâmica Artesanal*. 17º Congresso Nacional de Técnicas para Artes do Fogo, Foz do Iguaçu PR – 10 a 12 de agosto de 2022.

**NÓBREGA, A. C.; VOROS, A. L.; CARNIATTO, I. V.; CHEUNG, M.** *Desafios da cerâmica artesanal frente à produção industrial*. 54º Congresso Brasileiro de Cerâmica, 30 de maio a 02 de junho de 2010, Foz do Iguaçu, PR, Brasil.

**SANTOS, P. S.** *Ciência e Tecnologia de Argilas*. 2 ed., v.I. São Paulo: Editora Edgard Blucher Ltda, 1992.