

## Adição de Chamote à Massa de Porcelanato Técnico

Thays Smielevski Quarth<sup>a\*</sup>, Agenor de Noni Júnior<sup>a,b</sup>,

Adilson Cechinel<sup>c</sup>, Vicente de Lorenzi<sup>c</sup>

<sup>a</sup>Instituto Maximiliano Gaidzinski, Colégio Maximiliano Gaidzinski, Rua Dr. Edson Gaidzinski, 352, CEP 88845-000, Cocal do Sul, SC, Brasil

<sup>b</sup>Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC, Av. Universitária, 1105, Bairro Universitário, CEP 88806-000, Criciúma, SC, Brasil

<sup>c</sup>Eliane Revestimentos Cerâmicos, Unidade Porcellanato, Rod. Luiz Rosso, Km 04, s/n, Morro Estevão, CEP 88803-470, Criciúma, SC, Brasil

\*e-mail: [thayssq@hotmail.com](mailto:thayssq@hotmail.com)

**Resumo:** Atualmente nas indústrias cerâmicas ocorrem perdas durante o processo. Uma dessas etapas é a queima, onde o material acaba sendo descartado por algum tipo de defeito e sua reutilização nem sempre é realizada ou estudada. Com posse desta informação realizou-se um estudo para a reutilização deste subproduto, conhecido como chamote. Por objetivo tem-se a adição de chamote à massa de porcelanato técnico, com variação de até 7% nas formulações, juntamente com os materiais plásticos e não-plásticos. Com o intuito de otimizar as características técnicas desejadas foi utilizado o software Minitab.

**Palavras-chave:** *chamote, porcelanato técnico, formulações, Minitab.*

### 1. Introdução

A queima é uma das fases mais importantes do processo de fabricação do porcelanato, pois é nela onde se definem as características técnicas do produto, dando lugar a um material de alta resistência mecânica, baixa absorção de água e resistentes aos agentes químicos.

Atualmente nas indústrias cerâmicas ainda é considerável o percentual de quebras e/ou perdas de peças cerâmicas após a etapa de queima. Sabendo-se disso, muitos estudos são direcionados a utilização deste resíduo queimado, popularmente conhecido como chamote. Dessa forma, realizou-se um estudo a fim de adicionar-se chamote em até 7% na formulação da massa de porcelanato técnico, com o auxílio do software estatístico Minitab.

### 2. Fundamentação Teórica

#### 2.1. Porcelanato técnico

Caracteriza-se por ser um produto de uma massa especialmente desenvolvida para suportar tensões desde as fases iniciais do processo até o acabamento (polimento e retífica).

É um produto com ótimas características técnicas, como por exemplo, absorção de água inferior a 0,10% (NBR 15463), e propriedades físico-mecânicas, destacando a resistência a abrasão profunda que deve ser  $\leq 140\text{mm}^3$  e alta resistência mecânica, contendo valores maiores que 45MPa. Estes requisitos citados acima classificam o porcelanato técnico ao grupo BIa (absorção de água  $\leq 0,50\%$ ) da norma ISO 13006.

#### 2.2. Argilas

Segundo a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) as argilas são rochas geralmente plásticas, constituídas por silicatos de alumínio hidratado, denominados minerais, que podem conter sílica livre e outras impurezas<sup>2</sup>.

A principal função de uma argila é proporcionar plasticidade, que é a facilidade de constituir com água uma pasta macia e dúctil para moldar, conservando perfeitamente a forma criada, que após a secagem tem certa resistência.

#### 2.3. Feldspatos

O termo feldspato engloba uma série de silicatos de alumínio, contendo proporções variadas de potássio, sódio e cálcio<sup>3</sup>. Atuam como fundentes na massa de porcelanato, já que proporcionam as primeiras fases líquidas que aparecem durante a queima<sup>4</sup>. Desta maneira são os responsáveis pela fase inicial de densificação, aumentando a densificação da massa com a elevação de temperatura.

#### 2.4. Chamote

É um resíduo proveniente das quebras de produtos queimados, e podem ser reaproveitados na formulação de massa<sup>5</sup>. Por tanto, o chamote é britado em uma granulometria adequada para cada tipo de processo.

### 3. Procedimento Experimental

#### 3.1. Preparação do chamote

Foram coletadas peças de porcelanato descartadas após a etapa de queima por estarem quebradas. Após as peças foram britadas com auxílio de um martelo em tamanhos de 5 a 10 mm, para que fosse levado a moagem a seco em um moinho de bolas laboratorial de 5,5 L juntamente com 1 kg de chamote e 1,3 kg de bolas com tamanho de 20 e 30 mm, com tempo de moagem de 5,5 h. Sendo que o pó obtido foi passante em malha 20 em seguida se obteve um resíduo de moagem de 2,90% na malha 325.

#### 3.2. Planejamento experimental

Com o auxílio do Minitab foram elaboradas nove composições de massa. Os teores de materiais plásticos (argilas) e não-plásticos (feldspatos) variaram de 43 a 57% e o chamote de 0 a 7%. A formulação padrão era composta por teores de 50% de matérias plásticas e não-plásticas.

Na Figura 1 observa-se o triaxial elaborado pelo software, onde o pontilhado refere-se à área trabalhada, os pontos indicam as nove formulações geradas e o número correspondente a cada formulação.

Na Tabela 1 tem-se as formulações juntamente com o percentual de cada material utilizado, sendo que a formulação número 5 foi

definida pelo software Minitab como o *center point*, e a mesma foi repetida duas vezes.

### 3.3. Preparação dos corpos-de prova

As formulações obtidas foram moídas em moinho periquito de 1L, com 50min de moagem, utilizando 320 ml de água, 300g de material seco e 500g de corpos moedores, para obter-se um resíduo de moagem entre 1,50 a 2,00% na peneira 325. A barbotina resultante do processo de moagem foi seca em uma estufa laboratorial (125±25) °C e após o material seco foi britado em um moinho de martelos laboratorial, a fim de se obter um pó passante em malha 40 para realizar a umidificação e a prensagem dos corpos-de-prova.

A umidificação foi realizada com 7% de umidade em 150 g de massa seca, passando após na peneira de 20, para que dessa forma fossem conformados seis corpos-de-prova de 25 g. Realizou-se a prensagem em uma prensa hidráulica laboratorial com desareação de 90 kgf/cm<sup>2</sup> e pressão de compactação de 480 kgf/cm<sup>2</sup>. Posteriormente os corpos-de-prova foram levados à estufa laboratorial (125±25) °C para secagem de 1 h.

Após a secagem foi realizado o ensaio de densidade aparente a seco, em seguida a queima ocorreu em forno laboratorial elétrico em seis temperaturas: 1170, 1180, 1190, 1200, 1210 e 1220 °C, em um ciclo de 50 min de frio a frio. Posteriormente a queima foram realizados os seguintes ensaios: retração linear de queima, absorção de água, densidade aparente e por fim com o auxílio de um colorímetro

foram determinadas as coordenadas colorimétricas, abrangendo uma análise principal da brancura.

## 4. Resultados e Discussões

Na Figura 2 percebe-se a que a adição de chamote e materiais não-plásticos interferem na densidade aparente a seco, fazendo esta diminuir por ainda haver um excesso de espaços vazios nos corpos-de-prova.

Na Figura 3 observa-se o triaxial da densidade aparente a queimado, onde através deste é possível avaliar o grau de compactação da massa. A adição de chamote e materiais não-plásticos na formulação promove o aumento da densidade aparente, permanecendo entre valores de 2,34 a 2,38 g/cm<sup>3</sup>.

Os materiais não-plásticos, principalmente os feldspatos, tem a característica de fundência, e assim auxiliam na densificação da massa com o aumento da temperatura de queima. Esta densificação promoveu o fechamento dos espaços vazios, e este aumento da densidade aparente a queimado, associado a uma menor densidade aparente a seco, resulta em uma maior retração de queima, observado pela Figura 4. A retração pode-se dizer que ocorre da perda de material e das reações durante a queima, sendo que os valores encontraram-se na faixa de 8,80 a maiores que 9,20%.

Na Figura 5 observa-se a variação da água absorção de água. A adição de chamote à massa, até 7%, não alterou significativamente

Tabela 1. Formulações elaboradas pelo software Minitab.

Formulação	Não-plásticos (%)	Plásticos (%)	Chamote (%)
1	43,00	50,00	7,00
2	57,00	43,00	0,00
3	43,00	57,00	0,00
4	50,00	43,00	7,00
5	48,25	48,25	3,50
6	45,63	49,13	5,25
7	52,63	45,63	1,75
8	45,63	52,63	1,75
9	49,13	45,63	5,25

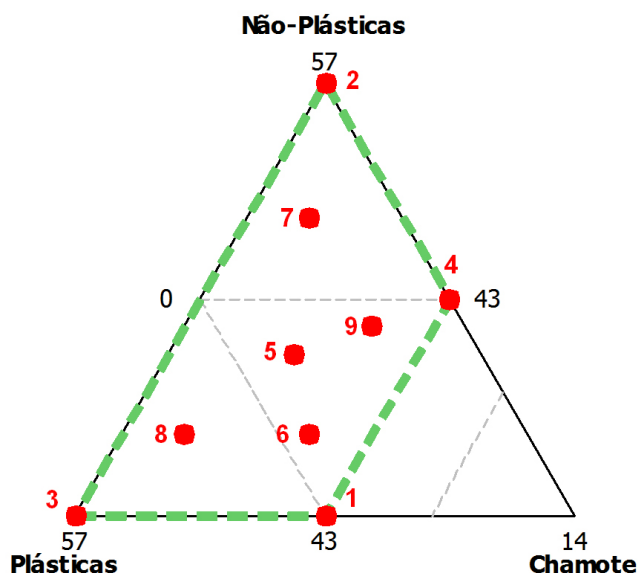


Figura 1. Triaxial das formulações elaboradas pelo software Minitab.

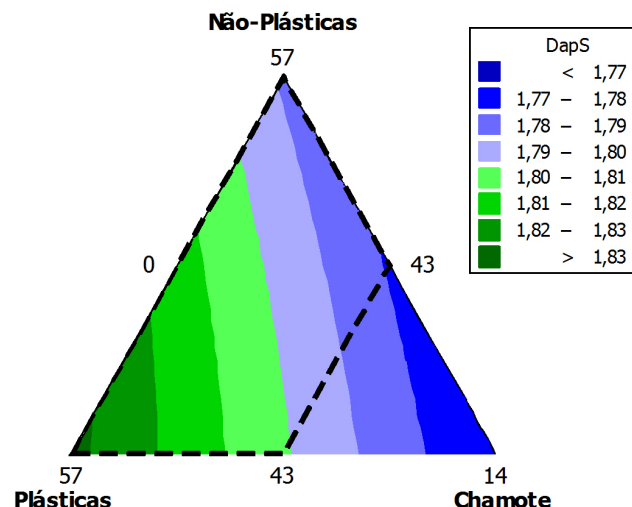


Figura 2. Triaxial da densidade aparente a seco.

a absorção de água, ficando entre valores menores que 0,50%. Ao contrário da adição de materiais plásticos (argilas e caulins) que aumentam a porosidade após a queima, e consequentemente, aumentam a absorção de água.

Na Figura 6 observa-se que a adição de chamote e materiais não-plásticos interferem na coloração da massa, que se tornou mais escura, permanecendo com valores menores que 78, diferente das argilas e caulins, que garantem brancura a massa. Sendo que a condição padrão ou ideal seria de valores entorno de 76.

Posteriormente a análise desses resultados apresentados e aplicando as restrições apresentadas na Tabela 2, o software gerou duas novas formulações, que foram repetidas conforme o procedimento dos itens 3.2 e 3.3. As novas formulações estão de acordo com a Tabela 3. Os resultados novamente foram analisados e estão apresentados na Tabela 4.

Na Tabela 4 observa-se os resultados das formulações 10 e 11, que foram as formulações otimizadas automaticamente pelo software Minitab, e conclui-se que os resultados das duas formulações

estabelecidas estão de acordo com as características técnicas desejadas ao porcelanato técnico. Destaca-se principalmente a propriedade de absorção de água, que foram obtidos valores abaixo do estabelecido pelo software, mas foram valores adequados à norma estabelecida.

Os resultados obtidos para a densidade aparente queimado e retração linear de queima se mantêm dentro das condições padrões obtidas em laboratório, mostram-se com pouca variação, que para uma aplicação fabril devem ser melhor analisadas.

Na formulação número 11 com 6,20% de chamote e 49,60% de materiais plásticos, mostraram que a massa ficou mais clara que a desejada pela condição padrão. Sendo que este resultado não deve ser descartado, pois para uma massa mais clara de porcelanato, indica-se a adição de maior percentual de materiais plásticos e chamote. Dessa forma o software Minitab mostrou-se adequado ao trabalho, que tinha por objetivo a adição de chamote a massa de porcelanato técnico, e por fim mostrou formulações juntamente com resultados que se aproximaram com as características iniciais estabelecidas.

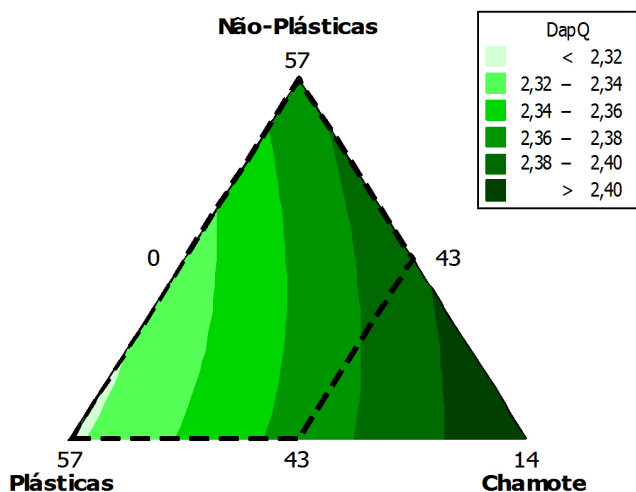


Figura 3. Triaxial da densidade aparente queimado.

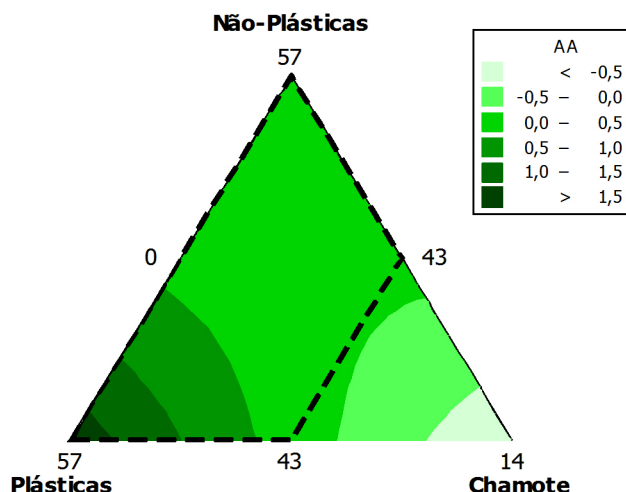


Figura 5. Triaxial da absorção de água.

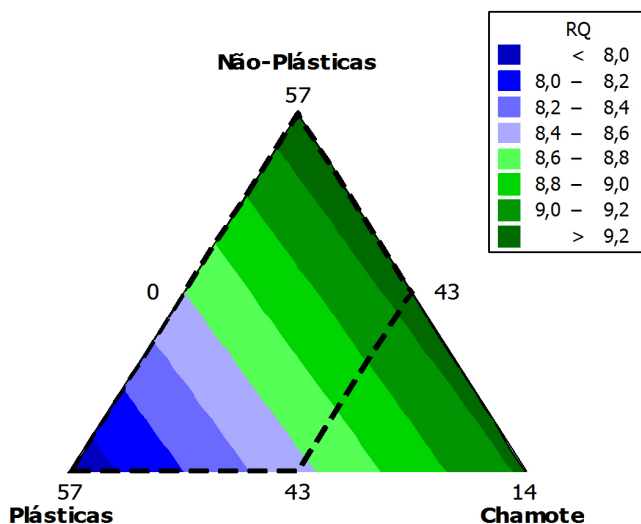


Figura 4. Triaxial da retração linear de queima.

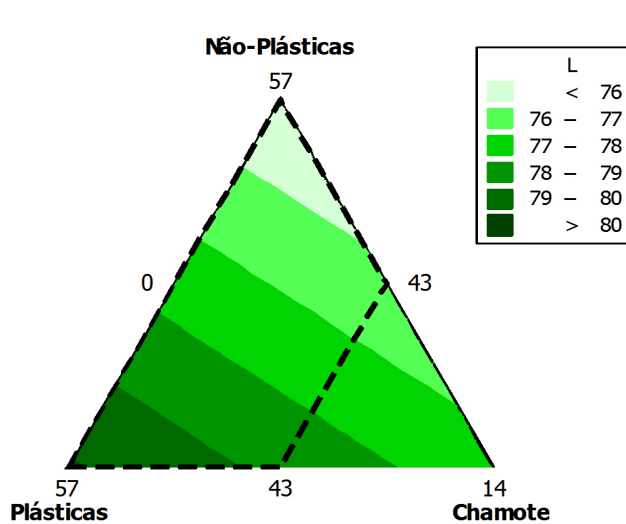


Figura 6. Triaxial da brancura.

**Tabela 2.** Valores pré-estabelecidos de alguns requisitos técnicos.

Características técnicas	Padrões pré-estabelecidos
Densidade aparente a seco	1,85g/cm <sup>3</sup>
Densidade aparente a queimado	2,36g/cm <sup>3</sup>
Retração linear de queima	8,60%
Absorção de água	≤ 0,50%
Brancura (*L)	± 76,00

**Tabela 3.** Formulações otimizadas pelo software Minitab.

Formulação	Não-plásticos (%)	Plásticos (%)	Chamote (%)
10	48,25	48,25	3,50
11	44,20	49,60	6,20

**Tabela 4.** Resultados obtidos através das formulações otimizadas pelo software Minitab.

Características técnicas	F10 (3,50% de chamote)		-	F11 (6,20% de chamote)		-
	Desejado pelo software	Obtido em laboratório		Diferença	Desejado pelo software	
Densidade aparente queimado (g/cm <sup>3</sup> )	2,35	2,39	0,04	2,36	2,38	0,02
Retração linear de queima (%)	8,75	8,80	0,05	8,59	8,85	0,26
Absorção de água (%)	0,27	0,06	0,21	0,28	0,09	0,19
Brancura	77,54	77,64	0,10	78,45	78,15	0,30

## 5. Conclusões

Com o término deste trabalho conclui-se que a densidade aparente a seco diminuiu à medida que se adicionava chamote e materiais não-plásticos, pelo fato de o chamote não ter uma boa prensabilidade quanto os materiais argilosos, ocasionando assim um excesso de espaços vazios nos corpos-de-prova. Como os corpos-de-prova foram analisados em uma única temperatura (1210°C), este excesso de vazios acabou contribuindo para a densificação do corpo-de-prova no tratamento térmico, que foi preenchido pelos materiais fundentes. Em consequência disto, tem-se uma redução na absorção de água seguida de um aumento na retração linear de queima.

Em relação à coloração da massa ficou mais clara a medida que se adicionava chamote e materiais plásticos, ressaltando que as argilas utilizadas nas formulações possuíam cor de queima clara e o chamote era proveniente de um porcelanato técnico de massa clara.

A confiabilidade do software Minitab para o desenvolvimento de formulações cerâmicas pode ser confirmada.

## Agradecimentos

Agradecemos a todos que de forma direta ou indireta contribuíram para a realização deste trabalho. Em especial aos funcionários da Empresa Eliane Revestimentos Cerâmicos, Vicente de Lorenzi, Rene de Oliveira e Rariel Pavei Jacinto. Agradecemos também ao Colégio Maximiliano Gaidzinski pelos equipamentos disponibilizados e pela oportunidade de elaboração deste.

## Referências

- ROSSO, J.; CUNHA, E. S.; ROJAS-RAMÍREZ, R. A. Características técnicas e polimento de porcelanatos. *Cerâmica Industrial*, v. 10, n. 4, p. 11-14, jul./ago. 2005.
- MODESTO, C. O.; BARBOSA, J. C. **Materiais cerâmicos**. Cocal do Sul: Colégio Maximiliano Gaidzinski, 2001. PMCID:PMC1088847.
- COELHO, J. M.; SUSLICK, S. B.; SOUZA, M. C. A. F. **Uma abordagem sobre a indústria de feldspato no Brasil**. Campinas: UNICAMP, 2000.
- OLIVEIRA, A. P. N. Grês porcelanato: aspectos mercadológicos e tecnológicos. *Cerâmica Industrial*, v. 3, n. 3, p. 34-41, maio/jun. 1998.
- MODESTO, C. O.; MENEGALI, G. B. F. **Processo de fabricação**. Cocal do Sul: Colégio Maximiliano Gaidzinski, 2001. PMCID:PMC1088847.