

## Efeito do Teor de Aditivos e Bentonita sobre a facilidade de Peneiramento e Sedimentação de Esmaltes Cerâmicos

**Paula Ogata, Silvia Midori Higa, Fábio Gomes Melchhiades, Anselmo Ortega Boschi\***

*Laboratório de Revestimentos Cerâmicos - LaRC - Dema - UFSCar  
Rod. Washington Luiz, km 235, CP 2068, CEP 13574-970, São Carlos - SP, Brasil  
\*e-mail: daob@ufscar.br*

**Resumo:** A velocidade com que diferentes suspensões de esmaltes cerâmicos passam por peneira vibratória, durante o processo industrial, é muito distinta. A facilidade da passagem do esmalte depende de diversos fatores como da quantidade de sólidos na suspensão, assim como da potência de vibração imposta pela peneira. Este trabalho visa analisar a velocidade de peneiramento de esmaltes, variando o teor de aditivos (CMC e TPF) e bentonita (agente suspensor) na composição. Os esmaltes são caracterizados quanto ao comportamento reológico e à tendência a sedimentação, utilizando-se de um método desenvolvido, baseado no princípio de Arquimedes. Os resultados mostram que à medida que se diminui a viscosidade do esmalte, ocorre um aumento na velocidade com que o esmalte atravessa a peneira e que a adição de CMC e bentonita são benéficas ao peneiramento. O teor de TPF aparentemente não mostra ter correlação com o aumento da vazão.

**Palavras-chaves:** *esmaltes cerâmicos, peneiramento, sedimentação.*

### 1. Introdução

A produção de revestimentos cerâmicos é composta de diversas etapas, as quais devem fornecer um produto final que esteja de acordo com as características técnicas necessárias para seu bom desempenho, assim como com a performance estética esperada pelo consumidor. O efeito final do produto (brilho e rugosidade, por exemplo) são dados, de uma forma geral, pelo conjunto da qualidade do esmalte aplicado sobre o suporte cerâmico e da eficiência do método de decoração utilizado. Para garantir que o esmalte chegue de forma adequada até a superfície do suporte a ser decorado é necessário garantir, além de suas propriedades químicas essenciais para o recobrimento e desenvolvimento da camada vítrea, um comportamento reológico o mais estável possível, evitando defeitos de decoração e, em outros casos, transtornos em alguma etapa da linha de produção.

Durante o processo de fabricação dos revestimentos cerâmicos, especificamente na etapa da esmaltação, os esmaltes passam por peneiras vibratórias (Figura 1). O objetivo da etapa de peneiramento é selecionar granulometria de partículas adequada, garantindo que o esmalte descarregado do moinho ou inutilizado na linha de produção (potencialmente reutilizável) esteja ausente de rejeitos que possam prejudicar o processo de esmaltação ou causar defeitos nas peças, o que ocasiona desde o descarte da peça até segregação de lote.

Um grande problema enfrentado pela indústria é a baixa velocidade com que o esmalte atravessa a peneira, o que afeta a produtividade. Dessa forma, como são distintos os esmaltes utilizados na etapa de esmaltação, torna-se necessário avaliar a influência das variáveis de preparação de esmalte sobre a velocidade de peneiramento.

Alguns dos fatores que podem influenciar a vazão de peneiramento são o comportamento reológico do esmalte, a distribuição do tamanho de partículas e o seu estado de defloculação, a potência de vibração da peneira e a sedimentação de partículas na malha da peneira.

#### 1.1. Sedimentação de esmaltes – Desenvolvimento de um método de medida

Esmaltes são suspensões aquosas, cuja fração sólida é constituída basicamente por um conjunto de partículas de frita, caulim e aditivos como o CMC (ligante) e TPF (defloculante), distribuídas de forma relativamente uniforme no meio dispersante líquido, comumente a água.

A sedimentação da fração sólida com o passar do tempo, no entanto, é um processo natural apresentado por todas as suspensões cerâmicas. Desse modo, o controle da cinética de sedimentação é de extrema importância para se obter um sistema estável em relação ao tempo, necessário para as várias operações com o esmalte cerâmico, tais como armazenamento em tanques, transporte, peneiramento e aplicação de esmalte.

Nestas condições, são adicionados os chamados agentes suspensores, que desaceleram a sedimentação. O caulim é empregado como um agente suspensor e esse efeito se produz como consequência do seu pequeno tamanho médio de partículas, sendo tão mais importante quanto menor for este tamanho. Com a mesma finalidade, são adicionados diferentes tipos de argilas brancas ou bentonitas. As primeiras são raramente utilizadas em formulações de esmaltes, devido ao elevado teor de óxido de ferro que podem apresentar, o que pode prejudicar a brancura do vidro final. As argilas mais indicadas são as que apresentam um menor teor de óxido de ferro, um menor tamanho médio de partícula, uma maior facilidade de defloculação e que sejam introduzidas na quantidade mínima possível para se obter o efeito desejado. No que diz respeito às bentonitas, minerais argilosos muito plásticos e contendo partículas muito finas, seu efeito é muito mais pronunciado. Portanto, deve-se levar em conta que as bentonitas modificam acentuadamente a reologia das suspensões de esmalte, aumentando a pseudoplasticidade e viscosidade, devendo ser utilizadas cuidadosamente e em pequenas proporções.

Para avaliar a tendência à sedimentação do esmalte, desenvolveu-se uma balança de sedimentação, com base no Princípio de Arquimedes que introduz o conceito de empuxo. Com a utilização de uma balança analítica e um suporte para peso imerso foi possível montar um sistema como mostrado na Figura 2 em que, de acordo com o acúmulo de partículas sobre o suporte, foi possível transformar tal medida em peso, quantificando o material sedimentado em relação ao tempo.

### 2. Procedimento Experimental

#### 2.1. Viscosidade x facilidade de peneiramento

Para análise do efeito da viscosidade da suspensão sobre a facilidade de peneiramento foram feitas composições, preparadas com a mesma razão mássica de frita e caulim (9:1). Utilizou-se 0,2% de

defloculante (tripolifosfato sódico), 0,2% de ligante (carboximetilcelulose) e 40% de água destilada. A carga seca total utilizada foi de 300 g, sendo moído em moinho tipo periquito com carga de bolas padronizada por 10 minutos, gerando resíduo inferior a 2% em peneira #325. Após a moagem, a suspensão de esmalte foi peneirada manualmente em peneira # 80. A seguir, ajustou-se com adição de água a viscosidade de diferentes suspensões em copo Ford para 40, 60, 80 e 140 segundos, medindo-se também as densidades em picnômetro.

O ensaio de peneiramento consistiu na adição de 90 mL de esmalte previamente preparado (viscosidade ajustada e agitação por 30 segundos) numa área isolada da peneira vibratória (Telemacanique). Mediu-se a massa de esmalte que passou pela peneira num tempo de 25 segundos e determinou-se a vazão mássica.

## 2.2. Teor de aditivos e bentonita x facilidade de peneiramento

Para todos os testes realizados com os aditivos e bentonita manteve-se a mesma razão mássica de frita e caulim (9:1). Na Tabela 1 seguem os teores de aditivos e bentonita testados. A quantidade de água foi fixada em 40%. Para o teste de sedimentação, as suspensões com bentonita foram defloculadas utilizando o poliácrilato, sendo o teor de defloculante estabelecido a partir do ponto mínimo da curva de viscosidade versus teor de defloculante a uma taxa de cisalhamento fixa (30 rpm), para as demais composições utilizou-se o TPF. Também foram obtidas as curvas de distribuição de tamanho de partículas dos esmaltes com bentonita.

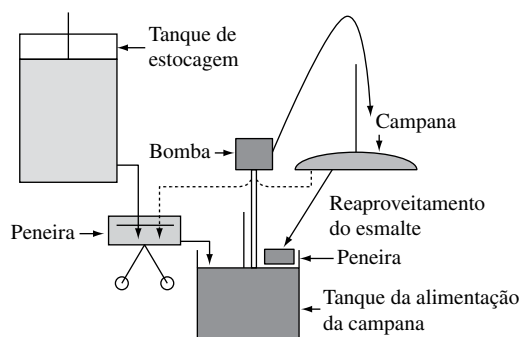


Figura 1. Esquema do peneiramento no processo de esmaltação por campana.

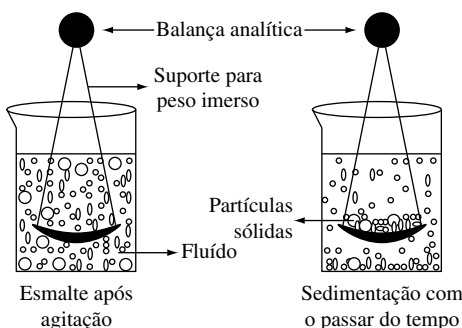


Figura 2. Esquema da balança de sedimentação.

Tabela 1. Composição dos esmaltes testados variando o teor de aditivos.

| Matéria-prima | Condições de preparação (%) |             |             |
|---------------|-----------------------------|-------------|-------------|
| Frita         | 90                          | 90          | 90          |
| Caulim        | 10                          | 10          | 10          |
| TPF           | 0,1/0,2/0,3/0,5             | 0,2         | 0,2         |
| CMC           | 0,2                         | 0,1/0,2/0,3 | 0,2         |
| Bentonita     | -                           | -           | 0,5/1,0/1,5 |

Para todas as formulações foi realizada a caracterização quanto à densidade e tempo de escoamento em copo Ford, o ensaio de peneiramento e o teste de sedimentação. O teste de sedimentação consistiu na adição de 200 mL da suspensão de esmalte em bquer padronizado após agitação com bastão de vidro por 3 minutos. A tendência à sedimentação foi obtida a partir da concentração volumétrica de sólidos e da massa de material sedimentado sobre o suporte de peso imerso, registrado pela balança analítica (Figura 2). A sedimentação dos esmaltes foi acompanhada por 24 horas.

## 3. Análise e Discussão dos Resultados

Os resultados obtidos para o efeito do teor de sólidos e do teor de aditivos e bentonita sobre a velocidade com que o esmalte atravessa a peneira e a sedimentação encontram-se nas Tabelas 2, 3, 4 e 5 e Figuras 3, 4, 5 e 6.

De acordo com a Tabela 2 e a Figura 3, nota-se que à medida que se aumenta a viscosidade da suspensão de esmalte (maior tempo de escoamento em copo Ford), menor é a vazão de peneiramento, isto é, mais baixa é a velocidade com que o esmalte atravessa a peneira. Para

Tabela 2. Dados obtidos para o teor de sólidos variável.

| Viscosidade (s) | Densidade (g/cm <sup>3</sup> ) | Vazão média (g/s) | Desvio |
|-----------------|--------------------------------|-------------------|--------|
| 38              | 1,69                           | 5,84              | 0,04   |
| 60              | 1,71                           | 5,9               | 0,05   |
| 83              | 1,73                           | 5,22              | 0,11   |
| 136             | 1,74                           | 2,8               | 0,14   |

Tabela 3. Dados obtidos para teor de TPF variável.

| %TPF | Densidade (g/cm <sup>3</sup> ) | Viscosidade (s) | Vazão média (g/seg) | Desvio |
|------|--------------------------------|-----------------|---------------------|--------|
| 0,1  | 1,79                           | 113             | 2,24                | 0,03   |
| 0,2  | 1,79                           | 118             | 2,41                | 0,18   |
| 0,3  | 1,79                           | 116             | 2,29                | 0,09   |
| 0,5  | 1,8                            | 116             | 2,24                | 0,04   |

Tabela 4. Dados obtidos para teor de CMC variável.

| %CMC | Densidade (g/cm <sup>3</sup> ) | Viscosidade (s) | Vazão média (g/s) | Desvio |
|------|--------------------------------|-----------------|-------------------|--------|
| 0,1  | 1,83                           | 116             | 2,07              | 0,05   |
| 0,2  | 1,81                           | 101             | 2,27              | 0,01   |
| 0,3  | 1,83                           | 116             | 2,32              | 0,1    |

Tabela 5. Dados obtidos para adição de bentonita.

| % bentonita | Densidade (g/cm <sup>3</sup> ) | Viscosidade (s) | Vazão média (g/s) | Desvio |
|-------------|--------------------------------|-----------------|-------------------|--------|
| 0,5         | 1,78                           | 111             | 2,85              | 0,12   |
| 1           | 1,8                            | 118             | 3,37              | 0,47   |
| 1,5         | 1,75                           | 105             | 4,78              | 0,02   |

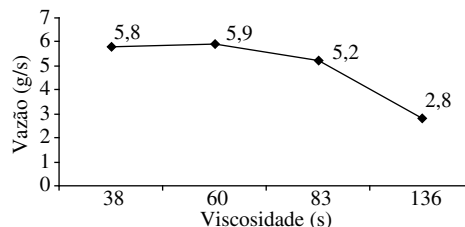


Figura 3. Perfil da velocidade de peneiramento em relação à viscosidade da suspensão.

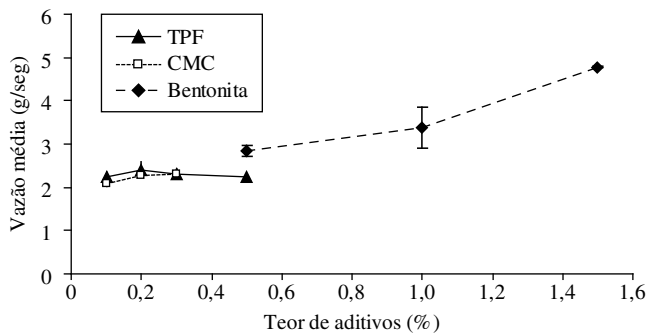


Figura 4. Influência do teor de aditivos sobre a vazão de peneiramento.

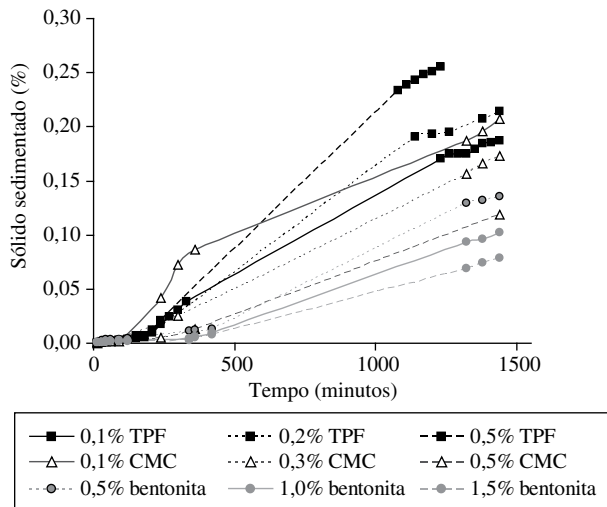


Figura 5. Influência do teor de aditivos sobre a sedimentação de esmaltes.

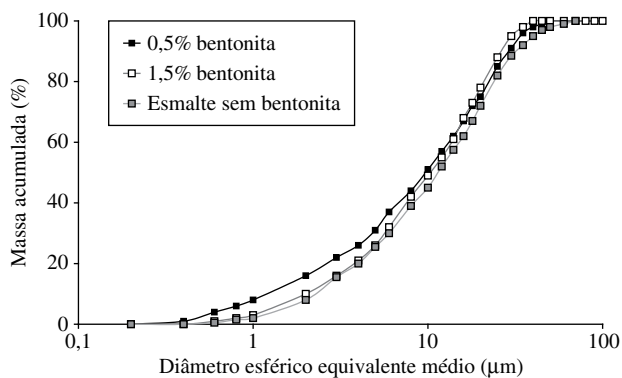


Figura 6. DTP das suspensões de fritas com e sem adição de bentonita.

tempos de escoamento inferiores a aproximadamente 60 segundos, a peneira vibratória não é sensível a medidas de vazão, pois praticamente todo o esmalte do ensaio passa através da malha.

Cabe ressaltar que, na realidade industrial, os esmaltes são peneirados com uma viscosidade bastante elevada (tempo de escoamento acima de 2 minutos), muito superior à do momento de aplicação na campana. Por essa razão as viscosidades para os testes seguintes foram ajustadas para aproximadamente 2 minutos, enquadrando-se numa faixa sensível às medidas de vazão de peneiramento.

Aparentemente, o teor de TPF pouco modifica a velocidade com que o esmalte atravessa a peneira, apesar de aumentar a porcentagem de sólido sedimentado (Tabela 3 e Figuras 4 e 5). Cabe destacar que pelo fato de que as tensões de cisalhamento impostas à suspensão pela peneira serem bastante elevadas, talvez a viscosidade da suspensão (que determinará a velocidade da passagem de esmalte pela peneira)

em tais condições extremas não esteja tão relacionada com o estado de deflocação das partículas, mas sim com outros fatores (como a intensidade da vibração da peneira e a tendência à sedimentação de partículas). Assim, não foi possível verificar relação direta entre o teor de defloculante TPF e a facilidade de peneiramento.

Os resultados apresentados para o teor variável de CMC (Tabela 4 e Figura 4) mostram que o incremento do teor deste aditivo é acompanhado por um pequeno aumento da vazão de peneiramento. Tal fato pode ser explicado pela função de agente suspensor desempenhada pelo ligante CMC, cujo mecanismo de ação ocorre através do aumento da viscosidade da água (meio dispersante) diminuindo a tendência à sedimentação das partículas no fundo da peneira. A tendência do CMC em amenizar a sedimentação do esmalte foi confirmada nos resultados do teste de sedimentação (Figura 5), no qual observou-se a diminuição da porcentagem de sólidos sedimentado com o incremento do teor de CMC.

Além disso, foi possível notar o aumento da vazão de peneiramento acompanhando o aumento do teor de bentonita da suspensão, sendo esse efeito muito mais pronunciado se comparado ao do CMC (Tabela 5 e Figura 4). Quanto à sedimentação (Figura 5), nota-se uma sensível diminuição da porcentagem de sólido decantado quanto maior o teor de bentonita adicionado. O mecanismo que explica a ação de agente suspensor da bentonita é distinto ao do CMC, já que se deve ao pequeno tamanho de partículas da argila do tipo montmorilonítica. A distribuição do tamanho de partículas da suspensão de esmalte sem bentonita e com adição de diferentes teores desta argila, encontram-se na Figura 6). Assim, forma-se uma espécie de “cama” de partículas muito finas e de altas forças superficiais, que dificulta a sedimentação das partículas mais densas. Nesse sentido, pode-se justificar o aumento da vazão de peneiramento devido à menor tendência de sedimentação de esmaltes com adição de bentonita.

#### 4. Conclusões

Os resultados obtidos nos permitem concluir que:

- a velocidade com que o esmalte atravessa a peneira aumenta de acordo com a redução da viscosidade da suspensão;
- dentre os aditivos testados (TPF, CMC e bentonita), verifica-se que o CMC e a bentonita proporcionaram de acordo com o aumento dos seus respectivos teores, uma maior contribuição para o aumento da velocidade com que o esmalte passa através da peneira e, acompanhando este fato, uma menor tendência à sedimentação;
- a adição de TPF na suspensão não mostrou relação direta do aumento da vazão durante o peneiramento na taxa de cisalhamento imposta pela peneira vibratória, assim como no perfil de sedimentação, em que o incremento de seu teor não mostrou nenhum benefício; e
- dessa forma, a velocidade com que o esmalte atravessa a peneira vibratória está diretamente relacionada à tendência do esmalte à sedimentação, através da introdução de aditivos que desempenham na suspensão a função de agente suspensor.

#### Referências

1. Eppler, R. A.; Eppler, D. R. **Glazes and Glass Coatings**. The American Ceramic Society, USA, 2000.
2. Oliveira, I.R.; Studart, A.R.; Pileggi, R.G.; Pandolfelli, V.C. **Dispersão e empacotamento de partículas**. São Paulo: Editora Fazendo Arte, 2000.
3. Berto, A.M. Adequação das Propriedades de Tintas e Esmaltes aos Sistemas de Aplicação e Técnicas. Decorativas. Parte I: Esmaltação. **Cerâmica Industrial**, v. 5, n.5, p. 11-18, 2000.
4. Seger, R. H. **Collected Writings**. v. 2. New York, USA: Chemical Publishing Company, 1902.
5. Oliveira, H.J.; Labrincha, J.A. Esmaltes e engobes para monoporosa. **Cerâmica Industrial**, v. 7, n. 2, p. 25-29, 2002.