

Estudo da Variação de Espessura de Camada de Vitrosa em Função da Gramatura de Aplicação e do Tamanho de Partícula

Sabrina Arcaro^a, Adriano Michael Bernardin^{a*}

^aTecnologia em Cerâmica, Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC,
Av. Universitária, 1105, Bairro Universitário, CEP 88806-000, Criciúma - SC, Brasil
*e-mail: amb@unesc.net

Resumo: Na indústria cerâmica o setor de decoração sempre utiliza as matérias-primas com o custo mais elevado. A decoração acontece geralmente por serigrafia, e ainda para efeito de alto-relevo, uma camada de vidrado é aplicada a seco, a denominada “vitrosa”. Desta forma, este estudo objetiva avaliar o efeito da espessura de camada de vitrosa na qualidade de peças especiais do tipo listelo, produzidas em escala de laboratório. Duas vitrosas de teste (#60 e #100) foram comparadas com uma vitrosa padrão, tendo sido aplicadas a seco sobre substratos já vidrados em três gramaturas (3, 7 e 10 g), sendo estes queimados em ciclo de biqueima (1150 °C, 40 minutos). As vitrosas foram caracterizadas química (FRX) e termicamente (dilatometria ótica), e a superfície das vitrosas queimadas foi caracterizada por colorimetria e sua espessura de camada por microscopia (MEV). Os resultados indicaram que a vitrosa padrão pode ser substituída sem redução da qualidade.

Palavras-chave: vidrados, colorimetria, fritas cerâmicas, decoração a seco.

1. Introdução

A necessidade de se revestir ambientes fez com que a indústria cerâmica passasse por variações consideráveis e contínuas, o que repercutiu na maior automatização do processo e numa melhoria da qualidade do produto. Em vista disso, todos os setores da indústria cerâmica estão cada vez mais se aperfeiçoando, visando menos desperdício e mais economia. Com o setor de decoração não é diferente, principalmente pelo fato de no setor de decoração serem utilizadas as matérias-primas com o custo mais elevado em toda a indústria cerâmica^{1,20}.

A vitrosa é um vidrado moído finamente e aplicado a seco, com o intuito de dar um aspecto de alto-relevo nas peças especiais. Todavia, para que ocorra um bom aproveitamento dessa matéria-prima é necessário um estudo rigoroso da espessura da camada sobre a peça, para que não ocorra desperdício de um material com custo tão elevado, e ao mesmo tempo não modificar a qualidade e as características visuais da peça^{2,6}.

A produção de revestimentos cerâmicos aumenta ano a ano devido ao crescimento de vendas tanto no mercado interno como externo, aumentando também a produtividade. Este fato ocorre devido à automatização e às inovações tecnológicas¹⁶. Segundo dados da Associação Nacional dos Fabricantes de Cerâmica⁵, o setor de revestimentos cerâmicos brasileiro é constituído por 94 empresas, com 117 plantas industriais, instaladas em 18 Estados. O Brasil é o segundo maior consumidor e produtor mundial de revestimentos cerâmicos, e o quinto maior exportador, resultado de um país que produz produtos cerâmicos de elevada qualidade devido à avançada tecnologia utilizada, mostrando-se adequados tanto para pequenos detalhes em ambientes internos quanto para grandes escalas ao ar livre, além de serem oferecidos nos mais variados padrões e texturas. Contudo, devido à alta competitividade entre as empresas nesse setor torna-se necessária a busca pela maximização dos resultados obtidos, com os equipamentos e recursos disponíveis. São constantes os esforços para se obter a máxima produção e o maior índice de produtos de primeira classe, ao menor custo de fabricação praticável^{1,15}.

De acordo com Sherev (1997 apud ALLEGRETTI)³, a placa cerâmica é constituída basicamente pela combinação de argila e quantidades diversas de feldspato e quartzo. As matérias-primas

previamente selecionadas são dosadas e trituradas, formando uma suspensão chamada de “barbotina”, que depois de atomizada é prensada. Após a secagem, uma de suas superfícies é engobada e vidrada. A placa é então queimada à temperatura ideal para cada tipologia, originando o revestimento cerâmico propriamente dito^{3,9}.

As peças especiais, sobretudo os “listelos”, são fabricadas a partir de massa de monoporosa. Têm formatos pequenos, e são utilizadas para dar efeito aos ambientes. Na maioria das vezes são fabricadas por biqueima. A decoração acontece geralmente por serigrafia, e ainda para efeito de alto-relevo, uma camada de vidrado é aplicada a seco, a denominada “vitrosa”. Esta técnica, que a princípio foi desenvolvida fundamentalmente com o objetivo de obter novos efeitos decorativos mais atrativos que os existentes é atualmente considerada uma das mais adequadas para obtenção de superfícies vidradas de alto desempenho técnico, tal como elevada resistência à abrasão e resistência ao risco^{2,4,10}.

São empregados materiais em pó, em geral de pequeno tamanho de partícula, cujo principal requisito é a obtenção de um bom grau de fluidez para que não sejam produzidas falhas de aplicação que possam deteriorar o efeito decorativo desejado. Em outros casos são aplicados materiais de maior tamanho de partícula com a finalidade de proteção para incrementar a dureza ou a resistência à abrasão da superfície dos revestimentos^{6-8,11,21}.

O vidrado seco (na forma de pó, granilha ou aglomerado) é aplicado sobre uma camada recém-aplicada de vidrado base ainda úmido para que as partículas secas se fixem sobre a superfície da peça. Em certas ocasiões, para fixar melhor o material granulado depositado, são utilizadas colas ou ainda um recobrimento na forma de uma segunda camada de vidrado, aplicado geralmente a disco. Além disso, com vistas à obtenção de efeitos decorativos específicos, sobre a camada de vidrado base já seca é aplicada, mediante serigrafia, uma cola, para que durante a aplicação dos grânulos secos à superfície só sejam fixados aqueles que foram depositados sobre o ligante. Utilizando diferentes tipos de granilhas ou aglomerados (coloridos, transparentes, opacos) e combinando adequadamente a aplicação a seco com as técnicas de decoração via úmida antes mencionadas, podem ser obtidos inúmeros efeitos decorativos^{4,12-14,21}.

Ainda segundo Amorós⁴, durante a aplicação do vidrado a seco não devem ser produzidas segregações por diferenças de tamanhos das partículas, nem acúmulo de material em diferentes regiões da peça, pois estes fenômenos podem gerar irregularidades indesejadas na superfície da peça. Para isto, não só é imprescindível que o material a ser aplicado apresente uma distribuição de tamanho de partículas adequada e uma boa fluidez, mas também, como já se indicou anteriormente, que se disponha dos equipamentos apropriados. Com base no tamanho de partícula do material que se aplica e no processo de obtenção, estes produtos se classificam em pós, granilhas e aglomerados^{7,8,19}.

A vitrosa apresenta tamanhos de partícula reduzidos, entre 60 e 200 µm, e é constituída, geralmente, por uma mistura de pigmentos e fritas. Estes produtos foram os primeiros a serem utilizados neste tipo de aplicação (efeito marmorizado), e depois de um auge inicial, foram sendo progressivamente substituídos por outros. Para uma aplicação adequada é indispensável que a distribuição de tamanhos das partículas seja bem controlada e apresente uma fluidez aceitável¹⁷⁻¹⁹.

Desta forma, este estudo objetiva avaliar o efeito da espessura de camada de vitrosa na qualidade de peças especiais do tipo listelo, produzidas em escala de laboratório.

2. Materiais e Métodos

Este trabalho laboratorial foi desenvolvido em parceria entre a UNESC e a Cerâmica Valore, sendo utilizada uma vitrosa padrão da empresa e duas vitrosas de teste que foram aplicadas a substratos cerâmicos crus.

A composição química das vitrosas foi determinada por fluorescência de raio X (FRX) e seu comportamento térmico por dilatométrica ótica (microscopia ótica). Para a análise química por FRX as amostras foram preparadas como pérola fundida, utilizando espectrometria por dispersão de comprimentos de onda (WDS, Philips PW2400). Boro e lítio foram determinados por espectrometria por absorção atômica em chama (AAS Perkin Elmer Analyst 700). A dilatométrica ótica das amostras foi realizada em corpos-de-prova prensados (~2 MPa) com 7% de umidade, com dimensões de 4 mm de diâmetro por 2 mm de altura. O ensaio foi realizado com taxa de aquecimento de 10 °C/min, de 20 a 1400 °C, utilizando-se a técnica de microscopia de aquecimento (MISURA HT).

Após caracterização das fritas, as mesmas foram aplicadas sobre placas previamente queimadas, porém com engobe e vidrado cru, em um processo de biqueima rápida. O processo de aplicação das vitrosas foi por serigrafia plana manual a seco, sendo que vitrosas com três distribuições de tamanhos de partículas (padrão, #100 e #60) foram aplicadas sobre a camada de vidrado ainda úmida. As vitrosas também foram aplicadas em 3 pesos de aplicação: 7 g como padrão, além de 3 e 10 g.

Após aplicação, as placas cerâmicas foram levadas à estufa por cinco minutos para retirada de umidade existente na peça, e logo após as mesmas foram queimadas em um forno a rolos a gás contínuo na temperatura de 1150 °C, com ciclo de 40 minutos.

Finalmente, com as amostras queimadas foram determinadas a cor, textura e brilho de superfície das amostras. A cor e o brilho foram determinados pela técnica de espectrofotometria, utilizando-se um espectrofotômetro com geometria esférica d-8 (BYK-GARDNER) com leituras entre 400 a 700 nm, ângulo de observação de 10° e iluminante D₆₅. O brilho foi determinado utilizando-se o mesmo equipamento, mas com ângulo de reflexão de 60°. A textura foi determinada visualmente.

Após sinterização a microestrutura dos vidrados foi analisada por microscopia eletrônica de varredura (MEV, Philips XL30). As amostras foram analisadas em sua seção transversal, com objetivo de medir a espessura da camada de vitrosa aplicada.

3. Resultados e Discussão

Os resultados da análise química da vitrosa padrão são apresentados na Tabela 1.

Observando-se a análise química da vitrosa padrão, observa-se que ela possui um alto percentual dos óxidos de cálcio, que aumenta a estabilidade química e mecânica dos vidrados, e de zinco, que aumenta a resistência ao ataque químico e a dureza dos vidrados, porém reduzindo seu coeficiente de expansão térmica.

Os resultados da caracterização térmica da análise química da vitrosa padrão, percebe-se, #100 (mais fina) e #60 (mais grossa) apresentam-se na Tabela 2.

Analisando-se os resultados do ensaio de dilatométrica ótica, Tabela 2, percebe-se que as vitrosas #60 e #100 possuem temperatura de sinterização mais baixa em relação à vitrosa padrão, e temperatura de fusão mais alta; isto significa que as vitrosas #60 e #100 apresentam maior intervalo de trabalho que a vitrosa padrão, ou seja, apresentam menor temperatura de sinterização, porém maior temperatura de fusão. Deste modo, torna-se mais fácil o controle de textura e brilho destas vitrosas pela adequação da curva de queima. Além disso, a vitrosa #100, sendo mais fina que a vitrosa #60, apresenta temperaturas características mais baixas, efeito do menor tamanho de partícula para a vitrosa #100.

As curvas obtidas nos ensaios de difração a laser estão apresentadas nas Figuras 1, 2 e 3:

Ao analisar as Figuras 1, 2 e 3, percebe-se que a vitrosa padrão (Figura 1) possui uma distribuição de tamanho de partícula monomodal, com diâmetro médio D₅₀ de 98,4 µm, 90% da distribuição abaixo de 213,8 µm e 10% da distribuição abaixo de 22,8 µm, sendo uma distribuição de tamanhos mais larga. A vitrosa #100, (Figura 2) também possui uma distribuição de tamanho de partícula monomodal, com diâmetro médio D₅₀ de 104,8 µm, 90% da distribuição abaixo de 189,6 µm e 10% da distribuição abaixo de 31,9 µm, apresentando

Tabela 1. Análise química (FRX e AAS) da vitrosa padrão.

Óxido (% massa)	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Na ₂ O	K ₂ O	CaO	MgO	B ₂ O ₃	BaO	ZnO	ZrO ₂	PF
Vitrosa padrão	58,5	8,3	0,3	4,3	9,9	0,7	2,9	3,2	10,1	0,2	-
Vitrosa #60 e #100	70,2	7,1	5,3	2,8	0,6	0,3	10,7	1,9	0,1	0,2	0,3

Tabela 2. Temperaturas características (dilatométrica ótica) das vitrosas padrão, #100 e #60.

Temperatura (°C)	Sinterização	Amolecimento	Esfera	Meia esfera	Fusão
Vitrosa Padrão	870	895	1066	1130	1203
Vitrosa #100	717	879	1030	1244	1319
Vitrosa #60	734	910	1068	1318	1386

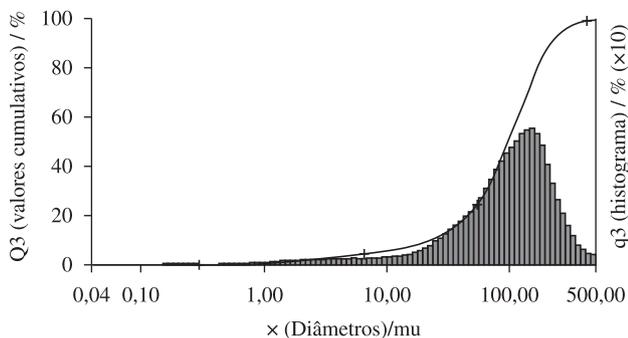


Figura 1. Distribuição de tamanho de partícula da vitrosa padrão.

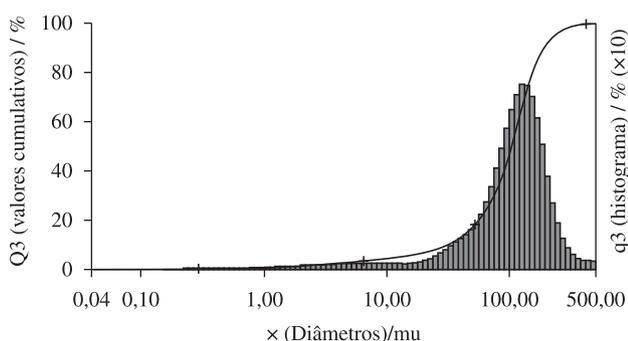


Figura 2. Distribuição de tamanho de partícula da vitrosa teste #100.

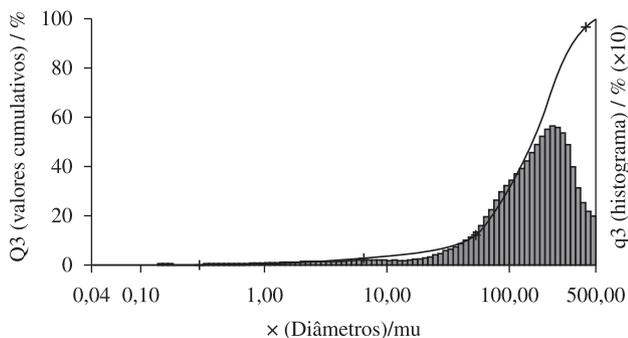


Figura 3. Distribuição de tamanho de partícula da vitrosa teste #60.

assim uma distribuição de tamanhos mais estreita que a padrão, apesar de apresentar um diâmetro médio maior. Finalmente, a vitrosa #60 (Figura 3), possui uma distribuição de tamanho de partícula monomodal, com diâmetro médio D_{50} de 154,6 μm , maior que o padrão, 90% da distribuição abaixo de 327,7 μm e 10% da distribuição abaixo de 41,5 μm , sendo também uma distribuição de tamanhos mais larga. Assim, a vitrosa #100 apresenta distribuição similar à padrão, um pouco mais estreita, e a vitrosa #60 apresenta tamanhos de partículas bem maiores que a padrão.

A Tabela 3 apresenta os resultados do ensaio de colorimetria para a vitrosa padrão e as vitrosas #60 e #100 para as três gramaturas de aplicação, ou seja, 3, 7 (padrão) e 10 g.

A coordenada L^* indica a luminosidade de uma superfície, variando em uma escala entre 0 (preto) a 100 (branco). O eixo b^* indica variação de tonalidade entre azul ($-b^*$) e amarelo ($+b^*$), e o eixo a^* indica variação de tonalidade entre verde ($-a^*$) e vermelho ($+a^*$). Os Δ s indicam a variação das coordenadas em relação a um padrão, sendo o ΔE_{CMC} a variação total, ou desvio de tonalidade em relação o padrão. Finalmente, G é a medida do brilho da superfície da amostra, em relação a um ângulo de 60° .

Analisando-se a Tabela 3, a vitrosa padrão, com aplicação de 7 g, apresenta-se clara ($L^* \sim 89$), com bom brilho ($G \sim 88$) e cor levemente amarelada ($b^* \sim 0,9$). Variações de tonalidade ou luminosidade inferiores a 0,5 não são perceptíveis pelo olho humano, podendo ser desprezadas. Por sua vez, a vitrosa #100 com aplicação de 7 g apresentou-se mais clara ($\Delta L^* \sim 3$) e mais amarelada ($\Delta b^* \sim 0,6$) que o padrão, e com uma drástica redução de brilho ($\Delta G = -13$). A vitrosa #60 com aplicação de 7 g também se apresenta mais clara ($\Delta L^* \sim 3$) e mais amarelada ($\Delta b^* \sim 0,5$) que a vitrosa padrão, com variação imperceptível de brilho ($\Delta G \sim -3$). Deve ser observado que uma diferença de brilho menor que 5 unidade (ou 5%) não é perceptível pelo olho humano.

Por sua vez a vitrosa padrão com aplicação de 3 g, Tabela 3, apresenta-se clara ($L^* \sim 91$), com bom brilho ($G \sim 87$) e também levemente amarelada ($b^* \sim 0,9$). A vitrosa #100 com aplicação de 3 g apresenta-se mais clara ($\Delta L^* \sim 3$) e sem variação de tonalidade aparente, mas com redução de brilho ($\Delta G \sim -7$) em relação ao padrão. A vitrosa #60 com aplicação de 3 g apresentou-se mais escura ($\Delta L^* \sim -1$), porém sem alteração visível de tonalidade ou brilho em relação ao padrão.

Finalmente, a vitrosa padrão com aplicação de 10 g, Tabela 3, apresenta-se clara ($L^* \sim 92$), com alto brilho ($G \sim 93$) e também levemente amarelada ($b^* \sim 0,9$). A vitrosa #100 com aplicação de 10 g apresenta-se mais clara ($\Delta L^* \sim 1$) e mais amarelada ($b^* \sim 0,7$), mas com redução de brilho ($\Delta G \sim -9$) em relação ao padrão. A vitrosa #60 com aplicação de 10 g apresentou-se mais clara ($\Delta L^* \sim 1$), mais amarelada ($b^* \sim 0,8$), mas com redução de brilho ($\Delta G \sim -8$) em relação ao padrão.

Tabela 3. Coordenadas colorimétricas para a vitrosa padrão, vitrosa #60 e vitrosa #100.

Coordenada	L^*	a^*	b^*	G	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔG	ΔE_{CMC}
Padrão 7 g	89,41	0,25	0,86	88,2	-	-	-	-	-
#60	92,39	0,38	1,32	85,6	2,98	0,13	0,46	-2,6	1,26
#100	92,61	0,42	1,43	75,2	3,20	0,17	0,57	-13,0	1,42
Padrão 3 g	90,51	0,45	0,92	87,0	-	-	-	-	-
#60	89,19	0,76	0,64	84,2	-1,32	0,31	-0,28	-2,8	0,76
#100	93,06	0,52	1,40	79,8	2,54	0,07	0,47	-7,2	1,12
Padrão 10 g	91,43	0,47	0,89	92,5	-	-	-	-	-
#60	92,38	0,52	1,67	84,2	0,95	0,05	0,78	-8,3	1,16
#100	92,54	0,43	1,54	83,5	1,11	-0,03	0,66	-9,0	1,02

Tabela 4. Espessura de camada para as vitrosas padrão, #60 e #100, nas gramaturas 3, 7 e 10 g.

Gramatura (g)		3 g			7 g			10 g		
Vitrosa	Padrão	#100	#60	Padrão	#100	#60	Padrão	#100	#60	
Espessura (µm)	110	66	119	154	119	125	211	103	207	

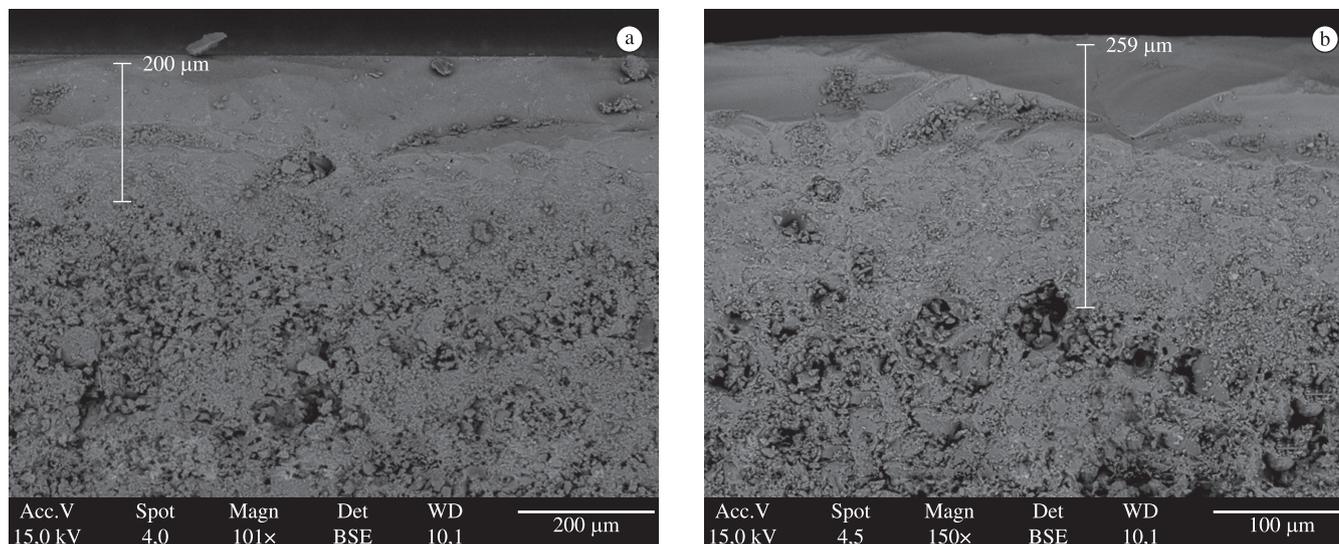


Figura 4. Micrografias da seção transversal das vitrosas. a) #100 aplicação 3 g e b) #60 aplicação 7 g (MEV).

De todas as condições analisadas, pode-se perceber que, em relação à vitrosa padrão com aplicação de camada de 7 g, a vitrosa #60, aplicação de 7 g, é a melhor alternativa para substituição do padrão, pois se apresenta mais clara, e não sofre alteração de tonalidade ou brilho perceptíveis. Outra opção seria a vitrosa #100 com aplicação de 3 g, mais clara que o padrão (vitrosa com camada de 7 g), sem variação de tonalidade, porém com uma pequena variação de brilho, mas com a vantagem da menor espessura de camada.

Finalmente, a Tabela 4 apresenta as espessuras de camada para as vitrosas padrão, #60 e #100, nas gramaturas 3, 7 e 10 g determinadas por microscopia eletrônica de varredura, com 5 amostragens.

Com relação às espessuras de camada em função do tamanho de partículas da vitrosa (em função das malhas) e da gramatura de aplicação, pode-se perceber que as maiores gramaturas resultam, obviamente, em maiores espessuras de camada, porém, o tamanho de partícula afeta o valor medido da espessura, pois para a malha mais fina (#100), as espessuras de camada sempre são menores, independentemente da gramatura, mostrando o efeito do tamanho de partícula na reatividade em queima das vitrosas.

A Figura 4 mostra micrografias da seção transversal das amostras de vitrosa #100 com aplicação de 3 g e #60 com aplicação de 7 g com a medida da espessura de camada, obtidas por MEV. Estas são as melhores alternativas em termos de tonalidade, brilho e espessura de camada em relação à vitrosa padrão. Deve ser observado que das leituras de espessura de camada deve ser desconsiderada a espessura do vidrado padrão (134 µm).

4. Considerações Finais

Percebe-se pela análise de dilatométrica ótica que a composição da vitrosa padrão é diferente da composição das vitrosas #60 e #100. Todavia, a vitrosa padrão estava sendo contrapada, e por isso as características das outras vitrosas não são as mesmas da vitrosa padrão.

Analisando-se a colorimetria, percebe-se que há condições de reduzir a gramatura de aplicação para 3g utilizando-se a vitrosa #100.

Neste caso, a camada de vitrosa seria um pouco mais clara, porém com pequena redução de brilho. Outra opção seria o uso da vitrosa #60 com aplicação de 7 g, muito similar ao padrão.

Com relação à camada, percebe-se que para as vitrosas #100 para qualquer gramatura, a espessura sempre se reduz, provavelmente devido a maior reatividade das vitrosas mais finas.

Referências

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA - ABCERAM. **Informações técnicas.** Disponível em: <<http://www.abceram.org.br/asp/fg07.asp>>. Acesso em: 10 maio 2010.
- ABRIL FILHO, O. Vidrados, esmaltação e variação de tonalidade. **Cerâmica Industrial**, v. 4, n. 1-6, p. 40-42, 1999.
- ALLEGRETTI, C.A. L. **Qualidade, produtividade e meio ambiente:** uma proposta para o desenvolvimento de um revestimento cerâmico livre de chumbo. 2004. 53 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção)—Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2004.
- AMORÓS, J. L. Vidrados para pavimentos e revestimentos cerâmicos: evolução e perspectivas. Parte II. **Cerâmica Industrial**, v. 6, n. 6, p. 18-27, 2001.
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE CERÂMICA PARA REVESTIMENTO – ANFACER. **Revestimentos cerâmicos do Brasil.** Disponível em: <<http://www.anfacer.org.br/>>. Acesso em: 10 maio 2010.
- ESCARDINO, A. Vidrados cerâmicos de natureza vitrocrystalina: Parte I. **Cerâmica Industrial**, v. 6, n. 2, p. 17-27, 2001.
- MORENO, A. Adequação das propriedades de tintas e vidrados aos sistemas de aplicação e técnicas decorativas. Parte I: Esmaltação. **Cerâmica Industrial**, v. 5, n. 5, p. 11-18, 2000.
- MORENO, A. Adequação das propriedades de tintas e vidrados aos sistemas de aplicação e técnicas decorativas. Parte II: Decoração. **Cerâmica Industrial**, v. 5, n. 6, p. 7-13, 2000.
- CALLISTER, W. D. **Ciência e engenharia de materiais:** uma introdução. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2002. 589 p.

10. DURÁN, A. (Ed.). **Introducción a los vidrados cerámicos**. Italia: Faenza, 2002. 224 p.
11. HERAS, F. M. A evolução das fábricas de fritas, vidrados e corantes cerâmicos e sua contribuição para o setor cerâmico. **Cerâmica Industrial**, v. 7, n. 4, p. 7-17, 2002.
12. FERNANDES, M. H. F. **Introdução à ciência e tecnologia do vidro**. Lisboa: Universidade Aberta, 1999. 143 p.
13. MARTINS, G. J. M. **Influência da dureza da água em suspensões de vidro cerâmico**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais)—Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001. 96 p.
14. MELCHIADES, F. G. et al. Formulação de fritas cerâmicas com auxílio da técnica de planejamento estatístico de experimentos. **Cerâmica Industrial**, v. 14, n. 3, p. 23-29, 2009.
15. MELCHIADES, F. G.; CANAVESI, A.; BOCHI, A. O. Dimensionamento de revestimentos cerâmicos visando a maximização da produtividade: por que os revestimentos tem os tamanhos que tem?. **Cerâmica Industrial**, v. 3, n. 11, p. 13-15, 2006.
16. MENEGON, G.; LUZ, G. Tendências do mercado de matérias-primas para massas de revestimentos cerâmicos. **Cerâmica Industrial**, v. 2, n. 9, p. 16-17, 2004.
17. MONTEDO, O. R. K. **Projeto, caracterização e preparação de camada de proteção para revestimento cerâmico constituída por vitrocerâmico do sistema lzs**. 2005. 147 f. Tese (Doutorado em Ciência Engenharia de Materiais)—Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.
18. MOMBACH, V. L. **Incorporação do vidro de lâmpadas fluorescentes na produção de fritas cerâmicas**. 2007. 105 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química)—Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.
19. NAVARRO, J. M. F. **El Vidrio**. 3. ed. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 2003. 667 p.
20. PRACIDELLI, S. Estudo dos vidrados cerâmicos e engobes. **Cerâmica Industrial**, v. 13, n. 1, p. 8-20, 2008.
21. SANCHES, E. Matérias-primas para a fabricação de fritas e vidrados cerâmicos. **Cerâmica Industrial**, v. 3/4, n. 2, p. 32-40, 1997.