



UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE

Curso de Tecnologia em Cerâmica

Trabalho de Conclusão de Estágio



Desenvolvimento de esmalte com matérias-primas cruas

Taís da Silveira Cordeiro

Gilson Bez Fontana Menegali¹

Resumo: O presente trabalho apresenta uma descrição geral do processo de fabricação de esmaltes crus para aplicação em porcelanato esmaltado, das matérias-primas empregadas e dos resultados obtidos. Inicia-se com uma série de considerações sobre as necessidades de matérias-primas para a formulação de um esmalte sem a utilização de fritas. A primeira etapa é a seleção das matérias-primas insolúveis capazes de compor o esmalte transparente desejado; entre elas estão o quartzo, alguns feldspatos, carbonato de bário, calcita e uma pequena fração de vidro reciclado. A queima foi realizada em forno industrial com temperatura de 1200°C com ciclo de 40 minutos. Chegou-se a uma formulação capaz de substituir esmaltes tradicionais, usando matérias-primas cruas e com características finais muito próximas dos produtos comerciais.

Palavras-chave: esmaltes; matérias-primas; fritas.

1. Introdução

Os sistemas de aplicação de esmalte e as técnicas de decoração utilizadas na fabricação de revestimentos cerâmicos sofreram grande evolução nos últimos anos, como conseqüência de um conjunto de fatores de natureza distinta. Por um lado, a necessidade de lançar no mercado produtos com novos efeitos estéticos capazes de incrementar o conjunto existente e a competitividade das empresas favoreceram a criação de novos tipos de esmaltes permitindo a obtenção de efeitos que até pouco tempo atrás eram difíceis ou impossíveis de serem conseguidos.

De acordo com DAVIM *et. al* (2008) esmaltes são misturas de matérias-primas naturais e produtos químicos ou compostos vítreos que aplicados à superfície do corpo cerâmico e após queima, formam uma camada vítrea, delgada e contínua, que tem por finalidade

¹ Professor Orientador.

impermeabilizar o suporte cerâmico, e deve possuir características técnicas e estéticas que sejam adequadas ao uso ao qual se destina, também melhorando a resistência mecânica e propriedades elétricas entre outros fatores. As composições dos esmaltes são inúmeras e sua formulação depende das características do corpo cerâmico, das características finais do esmalte e da temperatura de queima.

Os esmaltes cerâmicos são compostos de aproximadamente 75 a 95% de fritas e outros componentes necessários para sua determinada aplicação. Porém, existem alguns tipos de esmaltes fabricados sem a utilização de fritas, que são frequentemente utilizados para pisos, no qual são necessárias características técnicas mais exigentes (elevada resistência ao desgaste mecânico e ao ataque químico), mantendo as mesmas características estéticas, e, também favorecendo a redução de custo devido à eliminação do processo de fabricação de fritas que é um dos mais elevados para o desenvolvimento de esmaltes cerâmicos. .

As fritas cerâmicas são materiais de natureza vítrea preparadas por fusão, em temperaturas elevadas (em torno de 1500 °C), a partir de uma mistura de matérias-primas de natureza cristalina. Estas, durante o processo de fabricação, formam uma massa fundida que, ao final do processo, são resfriadas instantaneamente em ar ou água, originando a frita propriamente dita. Processo este que por diversos fatores aumenta o custo da produção de esmaltes, principalmente no que se trata de consumo de gás e oxigênio (SANCHES, 1997).

Baseado nesse contexto o presente trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de um esmalte cru com formulação diferenciada, que consiste na eliminação do processo de fusão de frita, buscando redução de custos e mantendo as mesmas condições de um esmalte comercial para fabricação de porcelanato esmaltado. As principais características tecnológicas avaliadas são: densidade, resíduo, viscosidade, coeficiente de expansão térmica, dureza, resistência ao ataque químico e abrasão. Além disso, buscou-se manter a menor variação possível nas características do produto final, bem como no seu processamento industrial.

2. Revisão de Literatura

De acordo com Filho (1999), existem diversos tipos de esmaltes, sendo que a determinação do tipo a ser utilizado depende do resultado final que se deseja obter. A técnica de produção de revestimentos cerâmicos mais difundida é a aplicação de esmalte transparente (também chamado de cristalina) sobre engobe branco ou levemente colorido, sendo que esse esmalte é aplicado normalmente sobre o engobe. Existem também os esmaltes mates e brancos que são mais utilizados no processo de monoqueima, também há um tipo de esmalte caracterizado como esmalte cru.

Segundo Durán (2002), o esmalte cru é composto por matérias-primas fundentes, refratárias e são preparadas por moagem via úmida e necessitam ser insolúveis em água, constituídos de uma mistura de matérias-primas com uma granulometria bastante fina, que é aplicada, na forma de suspensão, à superfície da peça cerâmica, geralmente esse tipo de esmalte é queimado em temperatura acima de 1200°C.

As matérias-primas utilizadas para a fabricação de esmalte, segundo Pracidelli (2008), são as fritas, que conferem ao vidrado a estrutura vítrea básica e cujas propriedades são alteradas pelos componentes restantes, outras matérias-primas que auxiliam na fundência do esmalte.

As principais matérias-primas empregadas na fabricação de fritas ou esmaltes crus segundo Stefanov *et. al* (1991), são: O quartzo ou sílica, o principal componente de todos os esmaltes. A sílica, quando adicionada ao esmalte proporciona aumento da resistência química, elevada dureza, diminui o coeficiente de expansão térmica.

O óxido zinco é um eficiente fundente para média e alta temperatura, mas só quando associado a outros fundentes; em pequena quantidade melhora o brilho, contudo, em quantidades maiores produz esmalte opaco ou mate. Quando utilizado nas formulações de esmaltes atua como estabilizante aumentando o brilho, a resistência química e a elasticidade e também atua como desvitrificante e diminui o coeficiente de expansão térmica dos vidrados.

O feldspato é um componente elementar dos esmaltes cerâmicos e é usado para introduzir simultaneamente os principais óxidos que formam o esmalte, ou seja: sílica, alumina, e óxidos alcalinos. O feldspato é o fundente mais comum usado na composição dos esmaltes, principalmente pelo aporte de sódio e potássio.

O carbonato de bário (BaCO_3) dependendo de sua quantidade atua também como fundente, aumentando o brilho final do esmalte. A fração que não se dissolve no vidro produz um efeito opacificante.

Calcita (CaCO_3) se decompõe sem fundir em temperatura superior a 825°C , mas em presença de óxidos ácidos, em particular a sílica, se decompõe em temperatura relativamente baixa, por volta de 500°C . O óxido de cálcio resultante da decomposição melhora a dureza, a resistência química, e reduz o coeficiente de dilatação térmica. Em altas temperaturas substitui o óxido de chumbo. Em baixas temperaturas (1100°C) torna-se ativo somente em pequenas quantidades (3%). E em grandes quantidades produz opacificação. Com silicatos forma misturas eutéticas de baixa temperatura de fusão.

Colemanita ($2\text{CaO}.3\text{B}_2\text{O}_3.5\text{H}_2\text{O}$) é a principal fonte mineral de boro, é usada como frita natural nos esmaltes cerâmicos. É um forte fundente, contém CaO que se torna fundente acima de 1100°C e B_2O_3 que funde a 600°C . Produz esmaltes a uma temperatura entre 1000°C e 1100°C com uma característica opacidade. Pequenas adições de colemanita melhoram o brilho dos esmalte.

Vidro reciclado pode entrar na composição de alguns esmaltes de baixa temperatura de fusão. Estes vidros podem ser usados para aumentar o conteúdo de sílica sem aumentar a temperatura de queima.

Ulexita ($\text{Na}_2\text{O}.2\text{CaO}.5\text{B}_2\text{O}_3.16\text{H}_2\text{O}$) é um borato de sódio e cálcio sintético com o qual se adiciona óxido bórico no esmalte

Com base nestas matérias-primas citadas Nandi *et. al* (2010) desenvolveram um esmalte a partir de resíduos da estação de tratamento de efluentes para aplicação em placas para pavimentos cerâmicos. Rasteiro *et. al* (2005) também estudaram o reaproveitamento das águas residuais do processo de preparação de esmaltes

cerâmicos, na operação de moagem desses mesmos esmaltes visando a redução de custo e preocupando-se com a preservação do meio ambiente, já que a indústria de fabricação e transformação de materiais produz, em maior ou menor grau, certa quantidade de resíduos que nem sempre são reaproveitados ou não têm um destino ecologicamente correto. Devido a essas preocupações também já foram estudados pelos autores DAVIM *et. al* (2008) o desenvolvimento de esmalte sem a utilização de fritas, que tem um custo elevado para os coloríficos conforme citado acima.

A redução de tamanho dos componentes dos esmaltes normalmente é feita por moagem a úmido e com moinhos de bolas de alta alumina revestidos do mesmo material. De acordo com os autores Ribeiro e Abrantes, (2001) o processo de moagem tem como objetivo diminuir o tamanho das partículas de um material sólido, tendo em vista o aumento da superfície específica para melhorar a velocidade de reação de determinada matéria prima durante a queima, misturar de um modo mais uniforme vários materiais e permitir a obtenção de características reológicas ideais. De acordo com os autores Ribeiro e Abrantes (2001), o tamanho das partículas exerce uma influência determinante nas propriedades e comportamento dos materiais ao longo do processo de fabricação, como por exemplo: no comportamento reológico, na conformação, na queima e nas características finais do produto.

O comportamento de uma suspensão é definido por múltiplos fatores, como a própria reologia do esmalte e as variáveis de produção que incidem sobre a mesma aplicação, como no caso de máquinas e equipamentos utilizados, assim como as demais variáveis próprias de qualquer linha de produção em geral.

Segundo Torres *et. al* (2005), alguns dos fatores estudados para aprimoramento de um esmalte em produção são a densidade e viscosidade (em tempo de escoamento).

A ação da viscosidade representa uma forma de atrito interno, exercendo-se entre partículas adjacentes que se deslocam com velocidades diferentes. A viscosidade é uma propriedade termodinâmica. (PINOT, 2005).

A temperatura tem grande influência direta sobre a viscosidade do fluido, tanto em um esmalte cru, como na viscosidade do esmalte fundido; sendo que no esmalte fundido o ciclo de queima também é um fator de grande influência. A viscosidade pode ser

caracterizada como resistência à deformação dos fluidos em movimento; não se apresenta, se o fluido se encontrar em repouso.

Alguns esmaltes podem apresentar em sua reologia característica tixotrópica. Conforme Torres *et. al*, (2005) a tixotropia consiste na redução da viscosidade aparente em função do tempo em suspensões submetidas a uma taxa (ou tensão) de cisalhamento constante. Este comportamento é observado em suspensões contendo aglomerados fracos de partículas, como aqueles responsáveis pelo aparecimento de pseudoplasticidade.

A tixotropia se manifesta em suspensões onde o processo de formação e destruição dos aglomerados fracos é relativamente lento, o que o torna dependente não só da condição de cisalhamento como também do tempo a uma determinada taxa de solitação fixa. O comportamento tixotrópico tem origem quando tais suspensões são mantidas a baixas taxas de cisalhamento por um longo período e, em seguida, são submetidas a taxas superiores em um intervalo relativamente curto de tempo. (OLIVEIRA *et. al* 2000 p. 20).

Com as exigências do método de aplicação a ser utilizado para melhorar a reologia das suspensões podem ser utilizados diferentes tipos de defloculantes. Como os tripolisfosfatos, hexametáfosfato, o carboximetilcelulose também é um aditivo muito utilizado na indústria cerâmica e através do seu teor adequado pode-se conseguir suspensões com elevada concentração de sólidos (elevada densidade) e propriedades reológicas (viscosidade, etc.) compatíveis. No entanto, o hexametáfosfato é o defloculante mais empregado de forma generalizada segundo os autores Marco *et. al* (1996) e GLENN *et. al* (1978).

A reologia dos esmaltes é uma característica necessária para sua aplicação sobre a peça crua, o que irá conferir à cerâmica após queima outras características como estética, resistência ao desgaste, impermeabilidade, dentre, outras.

Segundo os autores Simioli (1992) e Lorici e Bresciani (1990), a resistência à abrasão é um dos testes mais utilizados para garantir a resistência ao desgaste na superfície da peça esmaltada após queima, que é caracterizada pela resistência que uma superfície suporta ação à desgaste causada pelo movimento de corpos que estejam em contato sem que implique em variações apreciáveis no seu aspecto visual. Para Gonçalves *et al* (2004), cabe observar que os métodos de ensaio não são suficientes para avaliar a

durabilidade dos materiais. Em condições reais, estão presentes condições agressivas que os conduzem a comportamentos diferenciados.

Ainda de acordo com os autores Gonçalves *et. al* (2004), o método PEI (Porcelain Enamel Institute), adotado na década de 1950 pelo Comitê Europeu de Normalização (CEN) para a estimativa da resistência à abrasão de placas cerâmicas esmaltadas, e aprovado sob a forma da NBR 13818 em 1997, é amplamente utilizado pela indústria cerâmica. Especificar um material com base na classificação PEI consiste em estimar que a classe selecionada suporta a quantidade de pessoas previstas para transitar sobre o revestimento, associada à agressividade do local, por um período de tempo.

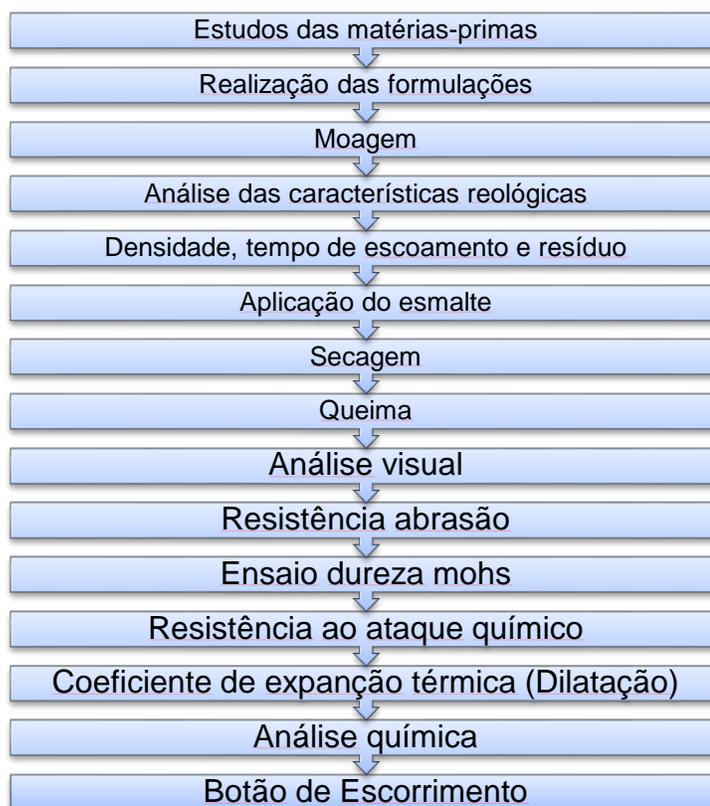
3. Materiais e Métodos

Inicialmente nesse trabalho foram selecionadas e preparadas as seguintes matérias primas: óxido de zinco, quartzo, albita, feldspato potássico, carbonato de bário, calcita, colemanita, ulexita, vidro plano, vidro 238 (vidros de tubo de televisão).

Foram realizadas nove composições de esmaltes para avaliar o comportamento destes esmaltes a 1200 °C. Cada composição foi pesada com o auxílio de uma balança digital MARTE ASF 11 de precisão centesimal e capacidade máxima de pesagem de 2 kg, e moída a úmido em moinho excêntrico de laboratório Servitech durante 5 minutos. O procedimento permitiu avaliar cada formulação em suas características tecnológicas, densidade com ajuda de um picnômetro (Servitech), viscosidade em tempos de escoamento em segundos em copo Ford (abertura de 4 mm) e resíduo retido em malha 325 mesh ABNT. Em seguida, os esmaltes obtidos foram aplicados em peças de porcelanato cru engobado com o auxílio de um binil Servitech de abertura de 4 mm. Subsequentemente, as peças foram secas devidamente em estufa de laboratório Servitech a 100 ± 5 °C e queimadas em forno industrial na empresa Elisabeth Revestimentos Cerâmicos a 1200 °C em um ciclo de 40 minutos. Após a queima, as amostras foram submetidas à análise visual para avaliação de defeitos superficiais. Uma nova formulação era sugerida após esta avaliação. Apenas o melhor resultado foi submetido aos testes seguintes.

A determinação da resistência química das peças esmaltadas realizou-se segundo a norma NBR 13818/1997. Os reagentes utilizados foram os seguintes ácidos e bases: ácido cítrico, ácido clorídrico e hidróxido de potássio. A classificação do ataque foi realizada segundo o método descrito na norma mencionada. E em seguida realizou-se o teste de resistência à abrasão conforme a norma NBR 13818//1997 com a finalidade de conferir a abrasividade do esmalte em PEI e também o ensaio de dureza mohs. Posteriormente, efetivou-se o ensaio de coeficiente de expansão térmica. Para o botão de escorrimento utilizou-se um forno mufla com temperatura máxima de 1200°C com finalidade de avaliar a viscosidade do esmalte fundido (Conforme figura 01).

Fluxograma Materiais e Métodos.



4. Resultados e Discussões

Na Tabela 01 estão apresentadas todas as matérias-primas e formulações efetuadas no desenvolvimento do trabalho. Observa-se na F 01 o uso de colemanita como principal fonte de boro, e também o cálcio. Em virtude do uso destas duas matérias-primas o esmalte apresentou característica tixotrópica. (Figura 01 a). Em virtude desta

característica apresentada na F01, foi eliminado o uso da colemanita nas outras fórmulas. As formulações F02 e F03 apresentaram boa reologia, porém após queima a 1200 °C surgiram contaminações, pequenos filamentos metálicos em sua superfície (Figura 01 b e c), provenientes da utilização do vidro 238 (vidros de tubo de televisão) e do vidro de lâmpada. Devido a essa contaminação, estas matérias-primas foram substituídas por vidros planos (vidros de janela) por serem um material com menor risco de contaminação.

Entre as formulações F04 a F09 (figura 01 d a i) foram efetuadas algumas variações nos percentuais de cada matéria-prima, no intuito de reduzir custos, analisar o comportamento de fusibilidade e também minimizar as irregularidades sobre a superfície do esmalte.

Na formulação 09 (figura 01 i) foi feita a redução da calcita para ajudar a reduzir a desgaseificação e minimizar as irregularidades sobre a superfície.

Tabela 01- Formulações desenvolvidas durante o processo.

Matéria prima	% em massa								
	F01	F02	F03	F04	F05	F06	F07	F08	F09
Óxido de Zinco	10	10	9	8	8	8	8	8	8
Quartzo	3	5	3	5	7	9	11	11	11
Albita	40	42	52	50	50	50	50	35	40
Feldspato Potássico	24	20	-	-	-	-	-	20	20
Carb. de bário	3	4	4	4	4	4	4	4	4
Calcita	15	13	17	17	17	17	17	17	12
Colemanita	5	-	-	-	-	-	-	-	-
Ulexita	-	-	5	6	4	2	-	-	-
Vidros planos	-	-	-	10	10	10	10	5	5
Vidro 238	-	6	-	-	-	-	-	-	-
Vidro de Lâmpada	-	-	10	-	-	-	-	-	-

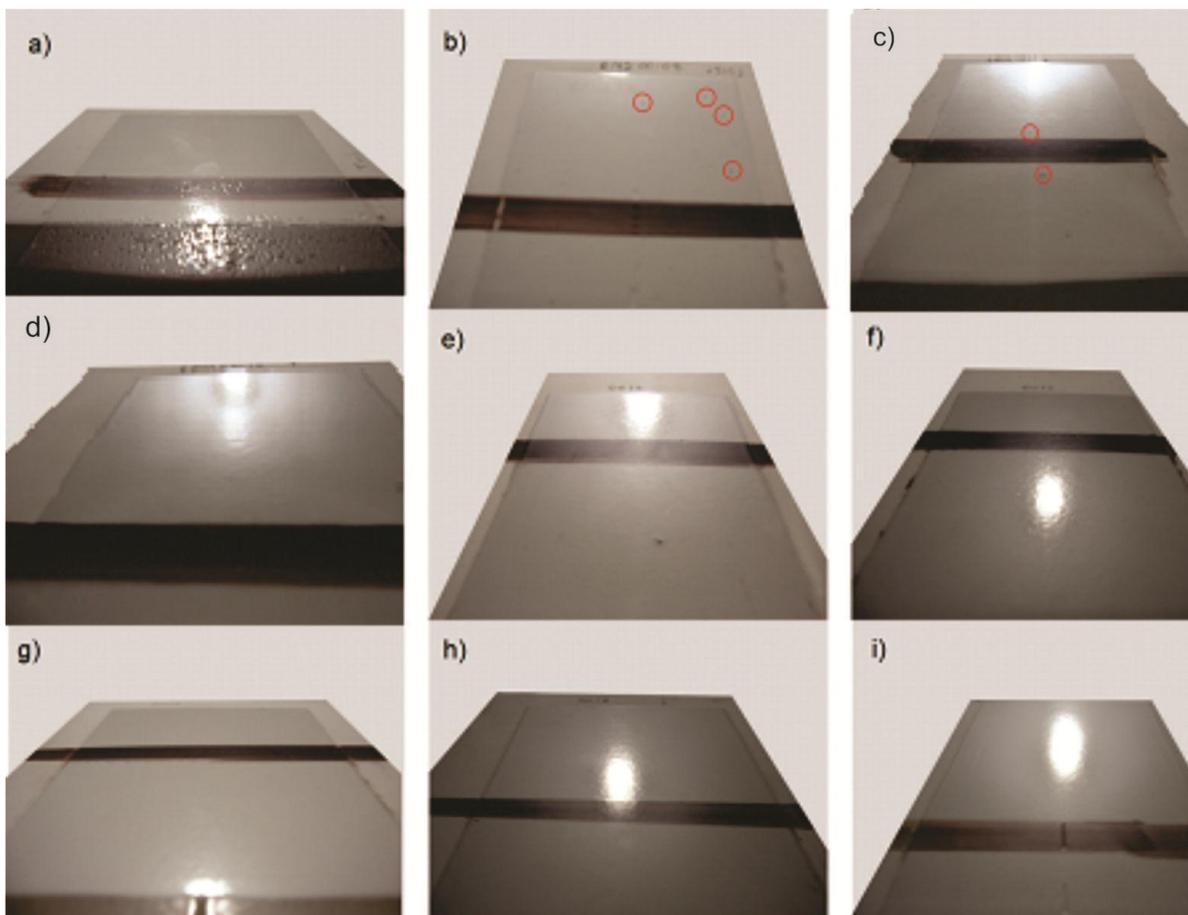


Figura 02 - Aplicação a binil das formulações executadas no trabalho: a) F01; b) F02; c) F03; d) F04; e) F05; f) F06; g) F07; h) F08 e i) F09.

De acordo com a Tabela 02 estão apresentados os aditivos utilizados nas formulações desenvolvidas. Na formulação F01 inicialmente foi utilizada uma proporção de 0,4% de tripolifosfato, porém não apresentou características satisfatórias, ou seja, apresentou tixotropia, sendo necessária a utilização de 1% de dispersante a base de policrilato de sódio (disperlan) para descarga do moinho. Em virtude da situação ocorrida na F01 foram aprimorados os percentuais de aditivos e a utilização de hexametáfosfato, o que garantiu uma reologia satisfatória, que pode ser melhor observada na Tabela 03. Outro fator importante que pode ser considerado no trabalho é quanto à densidade, pois ainda na Tabela 03 pode ser analisado que com o mesmo percentual de H₂O a densidade variou alguns pontos devido às variações dos percentuais de cada matéria-prima, pois cada matéria-prima tem sua densidade.

Tabela – 02 Aditivos utilizados nas formulações desenvolvidas.

Aditivos	(% em massa)								
	F01	F02	F03	F04	F05	F06	F07	F08	F09
Tripolifosfato	0,4	-	-	-	-	-	-	-	-
Hexametáfosfato	-	0,3	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Carboximetilcelulose (CMC)	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Disperlan	01	-	-	-	-	-	-	-	-
H ₂ O	35	42,5	42,5	42,5	42,5	42,5	42,5	42,5	42,5

Conforme a Tabela 03 a formulação F07 apresentou resultados de densidade, viscosidade (tempo de escoamento) e resíduo satisfatórios comparados ao esmalte padrão para interesse comercial, então todos os ensaios foram realizados sobre a formulação 07, mas o esmalte obtido não apresenta características estéticas para ser utilizado em produção, pois a superfície apresenta irregularidades evidenciadas nas amostras preparadas e queimadas. Os demais parâmetros, normalmente utilizados no desenvolvimento de esmaltes, isto é, cor de queima e brilho, apresentaram resultado satisfatório. A formulação 07 apresentou resultado de dureza mohs 4 sendo compatível com o esmalte padrão comercial que também apresenta dureza mohs 4. O resultado de resistência à abrasão superficial da formulação 07 apresentou resultado com PEI (Porcelain Enamel Institute) 4, sendo satisfatório comparado ao esmalte padrão comercial, que apresentou PEI 5.

Ainda na Tabela 03 observa-se que o tempo de moagem foi reduzido para chegar ao resíduo do esmalte padrão comercial, devido a interesses comerciais conforme está descrito na tabela 03. A formulação F01 não apresentou característica reológica adequada para fazer os testes de densidade, viscosidade (tempo de escoamento) e resíduo. A formulação F02 apresentou baixo resíduo devido ao tempo maior de moagem e as matérias-primas utilizadas com granulometrias em malha 200 mesh ABNT com exceção da calcita, com granulometria na malha 100 mesh ABNT e também um pequeno percentual de vidro bruto (tubo de televisão). O resíduo da formulação F03 apresentou resultado maior, pois ainda foi reduzido o tempo de moagem para chegar

ao resíduo do esmalte padrão comercial. Conforme a Tabela 01 foi adicionada na formulação F03 10% de vidro de lâmpadas fluorescentes e aumentada a calcita, que tem granulometria mais grossa. Nas formulações F04, F05, F06 e F07 manteve-se o mesmo tempo de moagem e os mesmos percentuais de vidro e de calcita, mas com aumento do quartzo o resíduo aumentou. Nas formulações F08 e F09 o resíduo diminuiu devido à redução de vidros.

Tabela 03 – Reologia em função de moagem.

Formulações	Densidade (g/cm ³)	Tempo de escoamento (s)	Resíduo malha 325 mesh (%)	Moagem (min)
1	-	-	-	10
2	1,81	45	01	7
3	1,85	71	3,3	5
4	1,84	71	4,5	5
5	1,82	53	3,0	5
6	1,82	51	4,0	5
7	1,81	47	5	5
8	1,82	44	2	5
9	1,81	46	2	5
*EPC	1,81	45	5	10

* EPC - Esmalte padrão comercial.

Tabela 04 – Resistência ao ataque químico.

Reagentes	Formulação 07	Esmalte Comercial
Ácido Clorídrico	GLA	GLA
Ácido Cítrico	GLA	GLA
Hidróxido de Potássio	GLA	GLA

Conforme a norma NBR 13818/1997 anexo H é considerada a classe GLA para efeitos não visíveis sobre a superfície do esmalte. Comparados ao esmalte padrão comercial os resultados obtidos foram satisfatórios para o processo de aplicação em porcelanato, Tabela 04.

Outro fator muito importante e analisado na produção e caracterização dos esmaltes é o coeficiente de expansão térmica (Dilatação). Como pode ser observado na Tabela 05 a F07 apresentou coeficiente de expansão térmica linear compatível com o esmalte comercial padrão utilizando mais de 50% de fritas para aplicação em porcelanato.

Tabela 05 – Coeficiente de expansão térmica.

Amostras	Dilatação à 325°C ($\times 10^{-7}$ °C)	Temperatura de Amolecimento °C	Temperatura de acoplamento °C	Temperatura de transição vítrea °C
Fórmula 07	64,5	677	638	606
Esmalte Comercial	51,6	762	714	679

Para a formulação 07, que apresentou os melhores resultados quando comparados ao esmalte padrão comercial, foi realizada a análise química conforme a tabela 06. A sílica, principal formador de vidro, aparece em percentual relativamente baixo, para a maioria dos vidros, com um teor de 55,15%. Esta sílica e provém da adição de quartzo e dos feldspatos. Os componentes majoritários como o óxido de sódio, que apresenta um teor de 3,74% e o óxido de potássio com teor de 2,91% atuam como fundentes e são provenientes dos feldspatos. O óxido de zinco atua como estabilizante e ajuda na sedosidade do esmalte aparece com teor de 7,66% e provém do óxido de zinco, e a alumina, que atua como estabilizante aparece com um teor de 10,18%, proveniente dos feldspatos. O óxido de cálcio que provém da calcita, esta perde um percentual de massa na desgaseificação do CO₂ e aparece com um teor de 8,04%.

TABELA 06 – Análise Química por espectrometria de fluorescência de raio X e espectrometria de absorção atômica. (Formulação 07)

Elementos	Teor (%)
Al ₂ O ₃	10,18
CaO	8,04
Fe ₂ O ₃	0,08
K ₂ O	2,91
MgO	0,48
MnO	< 0,05
Na ₂ O	3,74
P ₂ O ₅	0,19
SiO ₂	55,15
TiO ₂	< 0,05
BaO	3,91
ZnO	7,66
Perda Fogo	7,56

A fusibilidade pode ser expressa numericamente mediante uma expressão simples:

Fusibilidade = Comprimento do botão de teste / comprimento do botão estander

Fusibilidade = 5,10 cm / 3,53 cm = 1,44 ou seja 44%

O botão de escorrimento da formulação 07 apresentou menor viscosidade (figura 02) em relação ao padrão. O que leva a um maior espalhamento, melhorando o estiramento superficial na queima.

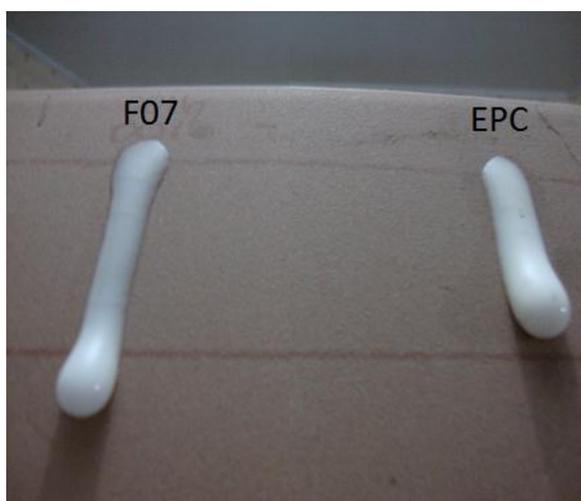


Figura 03 – Botão de escorrimento.

Tabela 07 – Custo Aproximado.

	Frita transparente	Fórmula 07
Custo da fórmula (R\$/Kg)	0,49	0,86
Rendimento %	97,5	100
Novo custo (R\$/Kg)	0,51	0,86
Custo de produção (R\$/Kg)	0,49	0
Custo total (R\$/Kg)	1,00	0,86

Para a fusão da frita o custo aproximado é de R\$ 1,00 sendo que para a produção do esmalte sem a utilização de frita o custo seria de R\$ 0,86. Uma diferença significativa para o setor cerâmico.

5. Considerações Finais

Mesmo não tendo chegado neste trabalho a uma condição de acabamento capaz de se aproximar das condições hoje atingidas pela aplicação de esmaltes à base de fritas, é fácil perceber que é perfeitamente possível substituir a parte mais cara da formulação por matérias-primas cruas. Pelos resultados obtidos tanto de características técnicas como estéticas, faltam poucos ajustes para que ambos os esmaltes se igualem. Como o objetivo do trabalho era provar a possibilidade de eliminação da etapa de fusão de frita.

Alguns pontos valem ressaltar como a adição de óxidos e bário na forma de carbonatos, estas matérias-primas são materiais que desgaseificam em um amplo intervalo de temperatura e, portanto sempre um possível causador de bolhas no esmalte da fase inicial à fase final de fusão. Estas bolhas nem sempre tem tempo e temperatura suficiente para subirem até a superfície, estourarem e cicatrizarem. A impossibilidade de alisamento da superfície tem levado ao aparecimento de alguns defeitos superficiais. Estes defeitos podem ser minimizados pela adição de outros materiais em substituição a estes. Outros pontos que devem ser alvo de futuros ajustes são as temperaturas de amolecimento, acoplamento e transição vítrea, que estão baixas em relação ao esmalte comercial. O botão de escorrimento prova que é possível

aumentar estas temperaturas, pois está cerca de 40% mais fundente que o padrão comercial.

Referências Bibliográficas

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. Placas cerâmicas para revestimento. Especificação e métodos de ensaio: Determinação da resistência ao ataque químico, NBR 13818 Anexo H. Rio de Janeiro, 1997.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. Placas Cerâmicas para Revestimento – Especificação e métodos de ensaio: Determinação da abrasão superficial, NBR 13818 78p Anexo D –, p. 17 a 22. Rio de Janeiro, 1997.

DAVIM, L.F.; OLIVEIRA, H. J. C.; FERNADES, M. H. V. Desenvolvimento de Novos Esmaltes de Alta Temperatura para Vitrocerâmicos de Grês Porcelanato. Cerâmica Industrial, v. 13, 2008.

DURAN, A.; HEVIA, R.; CENTRITTO, N.; OLIVEIRA, A. P. N.; BERNARDIN, A. M. Introducción a los esmaltes cerâmicos. Madrid: Faenza Editrice Ibérica, 2002. 224 p

GLENN, I; STELZER, e KLUG, E. D. Carboxymethylcellulose. En: Handbook of watersoluble gums and resins. New York: McGraw Hill, 1980: p. 4-2 a 4-28.

GONÇALVES, Rafael Ariza. Avaliação da Resistência ao Desgaste de Pisos Cerâmicos através da Resistência Equivalente aos Padrões de Dureza Mohs. Cerâmica Industrial. São Paulo, v. 1, 2004.

LORICI, L; BRESCIANI, A. Analisis practica de la influencia de La resistencia al desgaste de los materiales cerâmicos en relación a sudestinación de uso. In: Qualicer 90, Castellón (Espanha). Proceedings of I Congreso Mundial de la Calidad del Azulejo y del Pavimento Cerâmico, 1990.

MARCO, J; Gimeno, R; et al. Rheological behavior of glaze suspensions. Influence of frit solubility, pH, water hardness and additives. Ceram. Acta, 8 (6), 33-51, 1996.

NANDI, Vitor de Souza; PORTO, Claudete. A Preservação do Meio Ambiente Através da Reutilização de Resíduos Sólidos. 2010, 63p.

ONODA, G.Y. The rheology of organic binder solutions. En: Ceramic processing before firing (edited by G. Y. Onoda and L. L.Hench). New York: Wiley, 1978, p.235-351.

OLIVEIRA, Antonio Pedro Novaes: Tecnologia da Fabricação de Revestimentos Cerâmicos. Centro de Tecnologia em Cerâmica – CTC-Criciúma SC. Universidade Federal de Santa Catarina – Florianópolis SC. Cerâmica Industrial, 5 (6)

PINOT, Marcos. Notas de aula, Mecânica dos Fluidos. Universidade Federal de Minas Gerais.

PRACIDELLI, S. Estudo dos esmaltes cerâmicos e engobes. Cerâmica Industrial, São Paulo, v. 13, n. 1/2, p. 8-20, 2008.

RASTEIRO, Maria Graça, *et al.* Reutilização de Águas Processuais na Preparação de Esmaltes Cerâmicos. Cerâmica Industrial. São Paulo, v. 3, 2005.

RIBEIRO Manuel Joaquim P.M; ABRANTES João Carlos Castro. Moagem em Moinho de Bolas: Estudo de algumas Variáveis e Otimização Energética do Processo. Cerâmica Industrial, São Paulo, v. 2, 2001.

SANCHES, E. Matérias-Primas para a Fabricação de Fritas e Esmaltes Cerâmicos. Cerâmica Industrial. v. 2, p. 32 – 40, 1997.

STEFANOV, Stefano; BATSWAROV, Svetlan. Smalti Ceramici. Itália: Faenza Editrice, Ed.,1991. 280 p.

SIMIOLI, M. L. Il metodo PEI si allarga. Ceramic World Review, n. 3, p. 46-51, 1992.

TORRES. A, A. Boixb, F. Chillarónb, S. Peiróc, J. Gargoric, M.A. Jovaníc. Estudo Reológico e do Processo de Aplicação de Camadas Espessuradas de Esmalte através da Técnica de Incavografia. Cerâmica Industrial. São Paulo, v. 3, 2005.

ZOMER, Valdir de Souza. Redução do Estoque de Esmaltes de Revestimentos Cerâmicos. 2007. Trabalho de Conclusão de Curso em Tecnologia em Cerâmica - Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma.