

## ESTUDO do sistema Cr, Fe, Zn e Al no desenvolvimento de tons caramelo em vidro cerâmico

Átila Gobatto Henrique

Prof. Michael Peterson<sup>1</sup>

**Resumo:** A cerâmica de pigmentos vem se desenvolvendo buscando cada vez mais tecnologias para solucionar problemas e eliminar custos devido a grande concorrência do mercado. A empresa onde o projeto foi realizado tem como objetivo desenvolver um pigmento caramelo através do sistema Cr, Fe, Zn, Al, substituindo a Al STD pela Al TST. As matérias-primas usadas foram  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ,  $\text{ZnO}$ ,  $\text{F}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , foram preparadas e investigadas sua difratometria de raios laser, o pigmento foi disperso em esmalte vítreo e seu desempenho foi comparado com o pigmento caramelo STD, com medições colorimétricas, garantido qualidade físico-químico do pigmento. Assim foi possível a substituição 100% da Al STD pela TST.

Palavras-chave: pigmento, cerâmica, sistema Cr, Fe, Zn, Al, sintético.

### 1. Introdução

No mundo a cerâmica é muito antiga, as primeiras peças cerâmicas foram encontradas no Japão em área ocupada por um povo chamado *joman* há cerca de oito mil anos ou mais. No Brasil teve início na ilha de Marajó, eram cerâmicas de culturas indígenas, bem elaboradas. Já se conheciam várias técnicas, mas segundo arqueólogos a presença de uma cerâmica mais simples, indica ter sido criada na região amazônica a cerca de cinco mil anos atrás (ANFACER, 2012).

A cerâmica do Sul de Santa Catarina tem sua origem em 1919, na cidade de Ibituba, com a fábrica de louças de propriedade de Henrique Lage, INCISA (GOULARTE FILHO, 2002).

<sup>1</sup> Professor orientador.

Na cidade de Criciúma a fábrica de revestimento cerâmico mais antigo é a CESACA a qual, a partir de 1967, começou a produção de louças cerâmicas e posteriormente azulejos (CAMPOS et al. 1998).

Desta forma, a região tornou-se um pólo cerâmico atraindo os coloríficos cerâmicos, empresas especializadas no fornecimento de insumos para esmaltação desenvolvendo projetos desde o design aos produtos para a decoração final. Os primeiros coloríficos chegaram à região de Criciúma por volta de 1970. São na grande maioria filiais de empresas espanholas e italianas, trazendo consigo novas técnicas e métodos, desenvolvendo e melhorando os processos aqui primitivos (CAMPOS et al. 1998).

No Brasil foram produzidos em 2011 cerca de 844,3 milhões de metros quadrados, sendo que 92,8% foram vendidos no mercado interno. A região sul do Brasil foi responsável por cerca de 30% da produção de revestimentos cerâmicos de 2011, equivalente a 253,3 milhões de metros quadrados (ANFACER, 2012).

Entre as diferentes classes de materiais cerâmicos, destacam-se os pigmentos inorgânicos, sintéticos, obtidos através da mistura de óxidos puros, apresentados na tabela 01.

Pigmentos sintéticos são conhecidos como pigmentos inorgânicos complexos coloridos, que diferem dos naturais, principalmente, por serem preparados por métodos químicos de síntese, ou seja, são obtidos através de misturas de pigmentos naturais inorgânicos passando por processos químicos e físicos, feitos por intervenção do homem. As suas principais características são o alto grau de pureza, cores diversas não encontradas em pigmentos naturais, maior estabilidade térmica, mas agregam valor, pois precisam passar por custos inerentes à produção, tais como, calcinação, moagem, seleção de matéria prima e controle de qualidade (CASQUEIRA e SANTOS, 2008).

Tabela 01 – Os principais óxidos usados na cerâmica e suas respectivas cores produzidas nos esmaltes.

<b>Substância</b>	<b>Composição</b>	<b>Cor</b>
Óxido de ferro	FeO e Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Vermelho, marron, verde, azul
Óxido de cromo	CrO e Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Verde, amarelo
Óxido de cobre	CuO	Verde, azul turquesa
Óxido de cobalto	CoO	Azul
Óxido de manganês	MnO <sub>2</sub> , Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Violeta, marrom, preto
Óxido de níquel	NiO	Amarelo, preto, azul violeta
Óxido de urânio	UO <sub>2</sub> , U <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Amarelo, preto
Óxido de vanádio	VO <sub>2</sub> , V <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Verde, azul, amarelo

Fonte: ELIZIÁRIO (2007).

A palavra pigmento é latina (pigmentum), que denota cor. De forma geral, definem pigmento como partícula sólida, de caráter orgânico e inorgânico, natural ou sintético, branco, preto ou colorido (BONDIOLI et al. 1998).

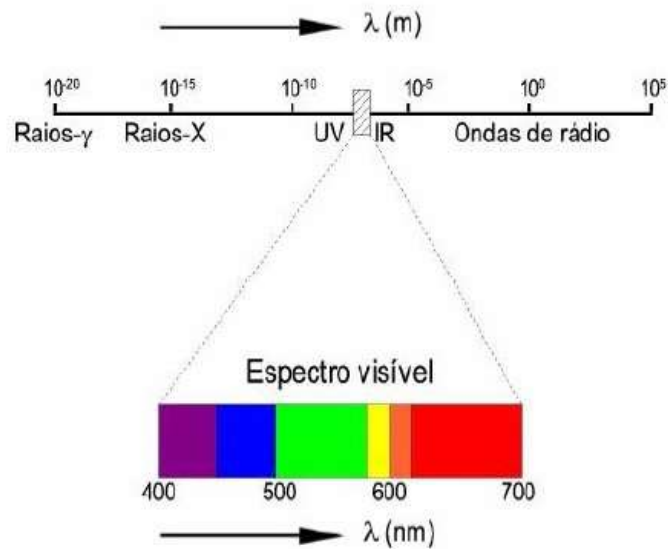
De acordo com os padrões aceitos, a palavra pigmento significa uma substância constituída de pequenas partículas que são praticamente insolúveis no meio aplicado e é utilizado de acordo com as suas propriedades de coloração, protetora ou magnética (MILANEZ, 2003).

Os pigmentos cerâmicos formam estruturas cristalinas que fazem parte deste universo, devendo-se destacar os espinélios, que são óxidos de estrutura regular que consistem no empacotamento compacto cúbico de face centrada, com oxigênios nos vértices e nas faces. Os espinélios podem apresentar varias aplicações em diversas áreas, mas têm grande destaque nos pigmentos devido sua capacidade de acomodar uma grande quantidade de cátions diferentes, e podem levar a uma variedade de cores e tonalidades, além da sua estabilidade térmica elevada chegando a 1400°C (ELIZÁRIO, 2007).

A cor não é característica absoluta de um objeto, mas sim uma percepção humana, ou seja, cor é uma sensação, cada ser humano tem uma percepção própria de cor do determinado objeto. As cores são estímulos registrados pela retina, provocados pela distribuição de energia das propriedades espectrais da luz visível, apresentado na tabela 02, uma pequena parte do espectro de

radiação eletromagnética, compreendida entre 400nm até 700nm observado na figura 01. (LÓPEZ et al. 2001).

Figura 01 – A luz visível no espectro eletromagnético.



Fonte: LOPES (2004)

Tabela 02 – relação a cor absorvida e a cor visível.

$\lambda$ (nm)	Cor Absorvida	Cor Visível
400-435	Violeta (roxo)	Verde-amarelo
435-480	Azul	Amarelo
480-490	Azul-verde	Alaranjado
490-500	Verde-azul	Vermelho
500-560	Verde	Roxo
560-580	Verde-amarelo	Violeta (roxo)
580-595	Amarelo	Azul
595-605	Alaranjado	Azul-verde
605-750	Vermelho	Verde-azul

Fonte: ESMALTES Y PIGMENTOS (2001)

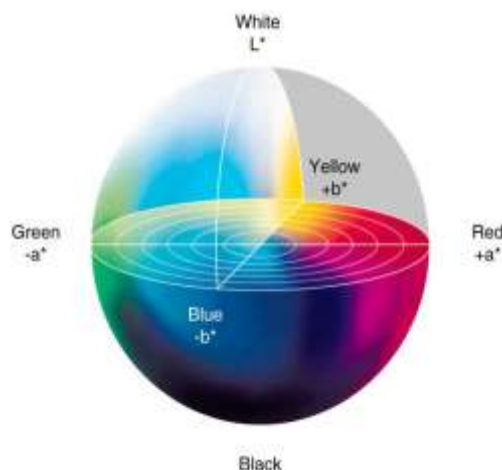
Luminosidade é uma sensação visual que se percebe de uma superfície a emitir mais ou menos luz, para o caso de superfícies refletoras este atributo é da claridade, sensação causada por um corpo que parece refletir ou transmitir uma fração da luz incidente.

Tonalidade é uma sensação visual nomeado como azul, verde, amarelo, vermelho entre outros tons. Apresenta um comprimento de onda característico, que corresponde a cada cor no espectro.

Saturação, diz respeito à pureza, isto é, o quanto a luz é diluída pela luz branca.

Fundamentalmente existe um equipamento disponível para caracterizar ou medir a cor de um objeto, o colorímetro, do sistema CIE-L\*a\*b\*, é um sistema anterior ao RGB, onde a radiação refletida pelo objeto é filtrada, separando-se as frações correspondentes ao comprimento de onda do azul, verde, vermelho e amarelo. Com base na intensidade relativa de cada um desses comprimentos de onda, os parâmetros L\*, a\*, b\* são calculados e utilizados para se identificar as coordenadas de cor do objeto, observados na figura 02. (LÓPEZ et al. 2001).

Figura 02 – Coordenadas colorimétricas do modelo CIELAB.



Fonte: <http://gerenciamentodecoreimpressao.blogspot.com.br> (2012).

- **Parâmetro L\***: indica o grau de luminosidade. Varia entre preto e branco.
- **Parâmetro a\***: quando o  $a^* < 0$ , predomina a cor verde. Se  $a^* > 0$ , predomina a cor vermelha.
- **Parâmetro b\***: quando o  $b^* < 0$ , predomina a cor azul. Se  $b^* > 0$ , predomina a cor amarela.
- **Delta E**: é a raiz quadrada da soma dos valores de L, a\*, b\* ao quadrado comparado ao STD.

Sendo que:

L: significa que quando a amostra for negativa ela está mais intensa que o STD, e quando for positiva está menos intensa que STD.

a\*: significa que quando a amostra for negativa ela está mais verde que o STD, e quando for positiva está mais vermelha que o STD.

b\*: significa que quando a amostra for negativa ela está mais azul que o STD, e quando for positiva está mais amarela que o STD.

Origem da cor dos sólidos inorgânicos, é um mecanismo que faz com que a cor, no caso de absorção, como no caso de reflexão seletiva, é baseada na oscilação harmônica dos átomos do material. É como se o átomo fosse uma mola recebendo um estímulo e oscila em sintonia com as frequências possíveis. Os pigmentos usados na indústria de cerâmica são compostos de elementos de transição, caracterizados por orbitais d (os metais de transição) e f (por terras raras), Estes cromóforos são normalmente metais de transição, responsáveis por conferir as propriedades colorimétricas ao material, já que absorvem luz na região do visível de forma seletiva e produzem a cor na cerâmica. Assim, ocorrem nesses elementos os fenômenos que são responsáveis pela cor: transições eletrônicas dentro dos níveis d-d e de transferência de carga, na qual um elétron é transferido entre um ânion e um cátion. Nos sólidos inorgânicos existe outro fenômeno que é responsável pelo aparecimento da cor, são aqueles que envolvem transição de elétrons entre as bandas de energia. As bandas observadas nos espectros eletrônicos são decorrentes da absorção de luz, associada à promoção de elétrons de um nível energético para outro de maior energia. (LÓPEZ et al. 2001).

Para produção do pigmento inorgânico sintético, como é o caso do caramelo à base de Cr, Fe, Zn, Al, são necessário alguns processos que compreendem as seguintes etapas:

- Pesagem dos óxidos desejados e componentes.
- Homogeneização, moagem a seco.
- Acondicionamento da mistura moída em caixas refratárias.
- Calcinação do material em fornos intermitentes a túnel, em temperaturas que variam entre 1200°C a 1300°C.

- Lavagem do material calcinado para eliminar eventuais materiais solúveis.
- Moagem (a seco ou úmido).
- Secagem em estufas se a moagem for a úmido.
- Ensacamento, armazenamento e distribuição.

Os esmaltes serigráficos e pigmentos são os processos finais na indústria de revestimento cerâmicos, eles são responsáveis pelas técnicas e estéticas dos produtos. Por isso a importância do estudo dos pigmentos que darão a cor desejada à base ou esmalte serigráfico. Os pigmentos são basicamente constituídos por aluminossilicatos hidratados chamados alcalinos terrosos. Os óxidos mais comuns são:  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{ZnO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  e  $\text{TiO}_3$ .

O objetivo do projeto é desenvolver um pigmento caramelo, com uma alumina substituta à do padrão, garantindo qualidades físicas e químicas relacionadas ao caramelo padrão, além da dependência de um único fornecedor ou como um segundo plano na ausência da alumina padrão no mercado. O presente estudo dispõe analisar os tons caramelos que podem ser desenvolvidos através da alteração de seus componentes na fórmula.

As indústrias cerâmicas, a nível mundial, apresentam um grande consumo de corante. A Espanha, Itália e a China são os maiores consumidores. A partir do estudo proposto para os corantes feitos na empresa, percebeu-se uma variação no tom do corante caramelo, devido à substituição da alumina por outra, pelo fato da falta da mesma no mercado. Este estudo visa observar o comportamento do sistema Cr,Fe,Zn,Al e procurar ajustar da melhor maneira os tons de caramelo, deixando o mais próximo possível do padrão da empresa. Assim, um bom controle do processo, equipamentos e das matérias primas exerce um fator importante para a produção e sem muitas variações nas cores e tonalidade.

## **2. Materiais e Métodos**

### 2.1 Materiais

Equipamentos:

Balança laboratorial de precisão 0,01 g.

Misturador ou agitador de velocidade 180rpm.  
Moinho excêntrico com capacidade de 500 g.  
Cadinho refratário com capacidade de 100 g.  
Forno mufla com temperatura máxima de 1300°C.  
Peneira malha 60 mesh – Tyler (250 µm)  
Peneira malha 325 mesh – Tyler (44 µm)  
Bandejas metálicas.  
Picnômetro.  
Copos plásticos de 400 ml.  
Binil de 0,3mm.  
Forno industrial a rolo, SACMI a gás natural.  
Colorimetro – ColorEye XTH.

## 2.2 Métodos

Para esse estudo, foram utilizadas como matérias-primas óxidos de cromo, ferro, zinco e alumina, encontrados e selecionados na empresa. Os óxidos foram pesados em balança de precisão laboratorial, exatamente 100 g de material. Na seguinte etapa a mistura é homogeneizada, para misturar bem os componentes, o material foi passado quatro vezes em peneira malha 60 mesh-Tyler, o necessário para deixar bem homogeneizado. Depois se leva a mistura para os cadinhos refratários, com capacidade de acondicionar 100 g de material. Em seguida os cadinhos são colocados em forno mufla para calcinar, em um patamar de queima de 1270°C, com sete horas para chegar à temperatura e seis horas de queima, resfriado naturalmente. Depois de calcinado o material foi pesado para observar seu rendimento, ou seja, perda ao fogo. Na próxima etapa de moagem, o material calcinado é levado para moinhos excêntricos com capacidade de 500 g, com 50% de água e 15 min de moagem, para atingir o tamanho de partículas desejado, passando em malha 325 mesh-Tyler. Após moer o material é descarregado em bandejas metálicas e levado à estufa para secar. Depois de seco o material é passado duas vezes em peneira malha 60 mesh-Tyler para destorroar e misturar. Após esse processo a amostra está pronta para ser testada. Para o teste do pigmento foi usado um esmalte transparente, para porcelanato. O esmalte foi preparado



com densidade 1,65g/cm<sup>3</sup>. Em seguida 4% da amostra de pigmento são adicionados ao esmalte, se leva ao agitador, após homogeneizar bem o pigmento com esmalte, leva a tinta para aplicação a binil 0,3mm, em base cerâmica engobada (porcelanato). Após aplicar tinta, a base cerâmica foi levada para queimar em forno a rolo industrial a 1180°C. Após queima, foram feitas leituras colorimétricas entre o STD e as amostras.

A análise do tamanho de partículas foi realizada em um equipamento CILAS de difração de raios laser com intervalo de medição de 0,04 µm até 500µm.

### 3. Resultados e Discussões.

Neste item serão apresentados os resultados obtidos segundo a metodologia descrita no item anterior.

#### 3.1 Caracterização química do Al(OH)<sub>3</sub> utilizado atualmente (STD) e o Al(OH)<sub>3</sub> substituto (TESTE).

Tabela 03 – Laudos técnicos da Al TST e Al STD

<b>LAUDO TÉCNICO</b>			
<b>Alumina Teste</b>		<b>Alumina STD</b>	
<b>Propriedades</b>	<b>Valor</b>	<b>Propriedades</b>	<b>Valor</b>
Al(OH) <sub>3</sub>	min. 99,2%	Al(OH) <sub>3</sub>	99,5%
SiO <sub>2</sub>	max. 0,05%	SiO <sub>2</sub>	0,005%
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	max. 0,035%	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,007%
Na <sub>2</sub> O	max. 0,06%	Na <sub>2</sub> O	0,24%
Perda ao fogo	min. 34%	Perda ao fogo	34,5%
Granulometria	0,7 - 1,5 µm	Granulometria	0,7 - 2,1 µm
Umidade	max. 0,5%	Umidade	0,2%

Fonte: Laudo fornecido pelo cliente.

#### 3.2 Caracterização do tamanho de partículas por difratometria de raios laser.

Figura 03 – Fórmula STD, média de tamanho de partículas 3,68  $\mu\text{m}$ .

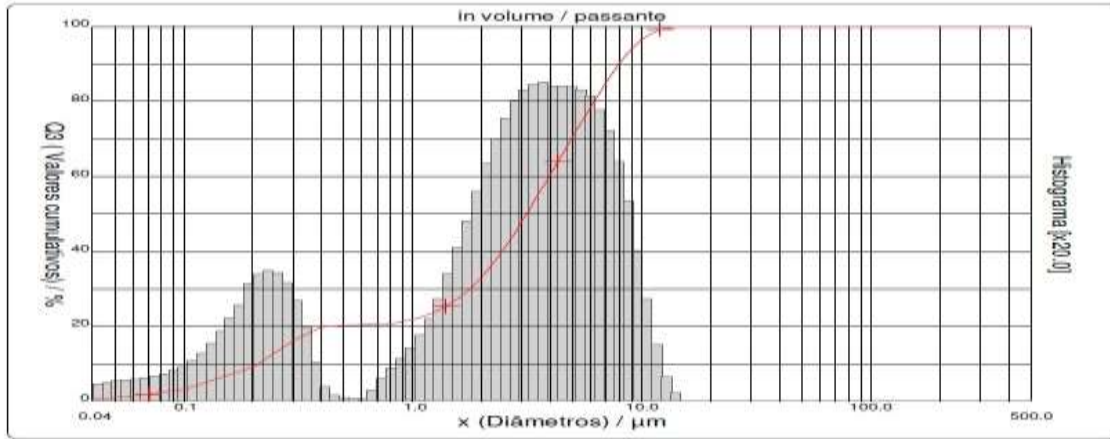


Figura 04 – Fórmula TST, média de tamanho de partícula 3,30  $\mu\text{m}$ .

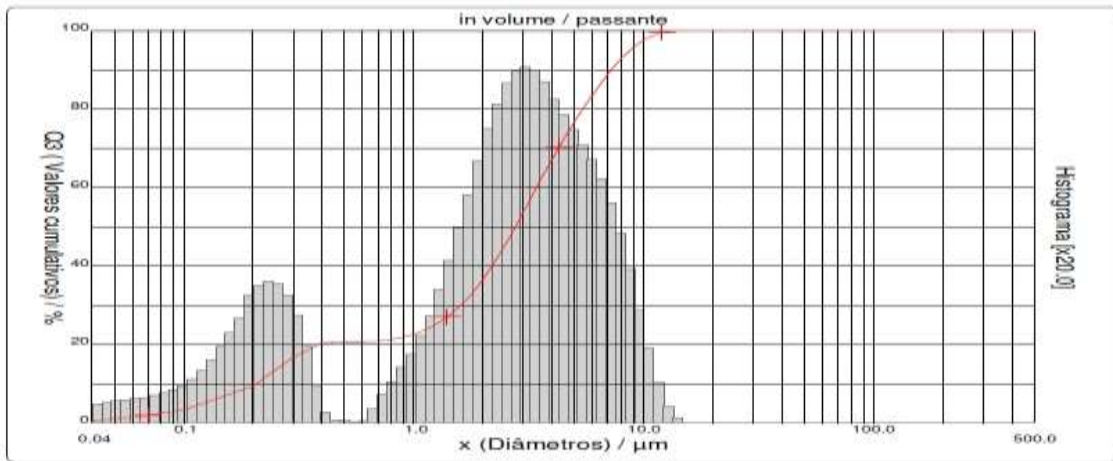
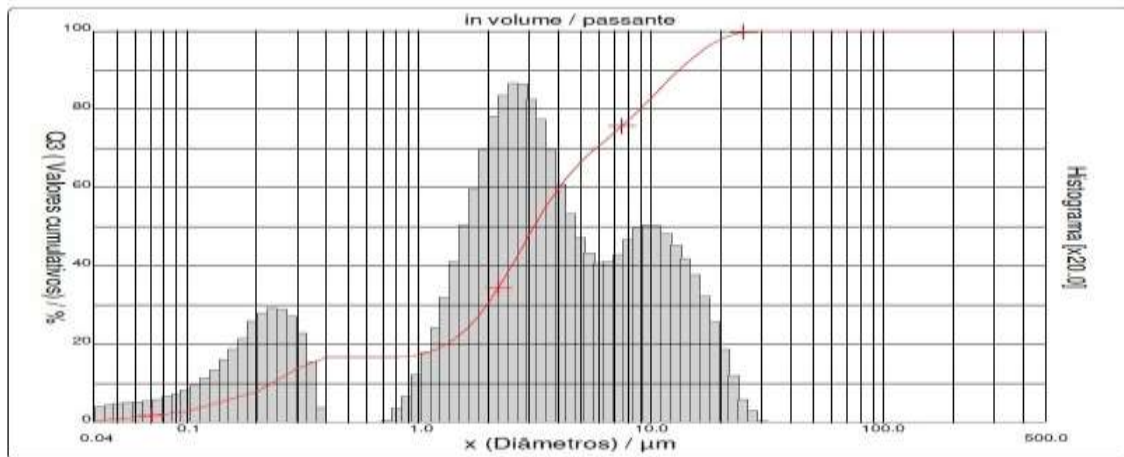


Figura 05 – STD, média de tamanho de partícula 5,13  $\mu\text{m}$ .



Pode-se observar que a media do tamanho de partícula das amostras da fórmula STD (figura 03) e TST (figura 04) estão bem próximas, mas há uma pequena diferença na média, a fórmula TST possui um tamanho de partícula

menor, o seu laudo apresentado pelo fornecedor e segundo os testes de difratometria de raios laser. Pode-se dizer que essa diferença trouxe uma pequena variação na tonalidade do pigmento deixando mais vermelho e mais amarelo, devido às partículas estarem menores em relação a AL STD (figura 05) e pelo fato de ter um teor maior de ferro, como consta no laudo da tabela 03 da AI TST.

### 3.3 Resultados de rendimento após processo de calcinação.

Após a calcinação do pigmento caramelo, foram realizados testes de rendimento, perda ao fogo. A fórmula STD apresentou uma perda de 12,6%, já a fórmula TST teve uma perda de 13,1%. As amostras testadas tiveram uma média de 12.7% de perda, mas os testes III, VI e IX devem ser destacados, pois tiveram uma média de 14% de perda. Deixando claro que a alumina TST tem uma perda ao fogo maior, pois os testes em que ela teve seu percentual elevado o rendimento diminuiu.

### 3.4 Caracterizações visuais das aplicações realizadas em comparação com um padrão.

As figuras 06 e 07 contêm imagens das diferentes formulações aplicadas conforme os dados da tabela 03. A figura 08, mostra o STD - padrão desejado, Formula STD- fórmula com alumina padrão, formula TST- fórmula com alumina teste, aplicadas comparadas conforme os dados apresentados na tabela 03.

Figura 06 – STD/ fórmula TST e suas respectivas alterações e medições apresentadas na tabela 03

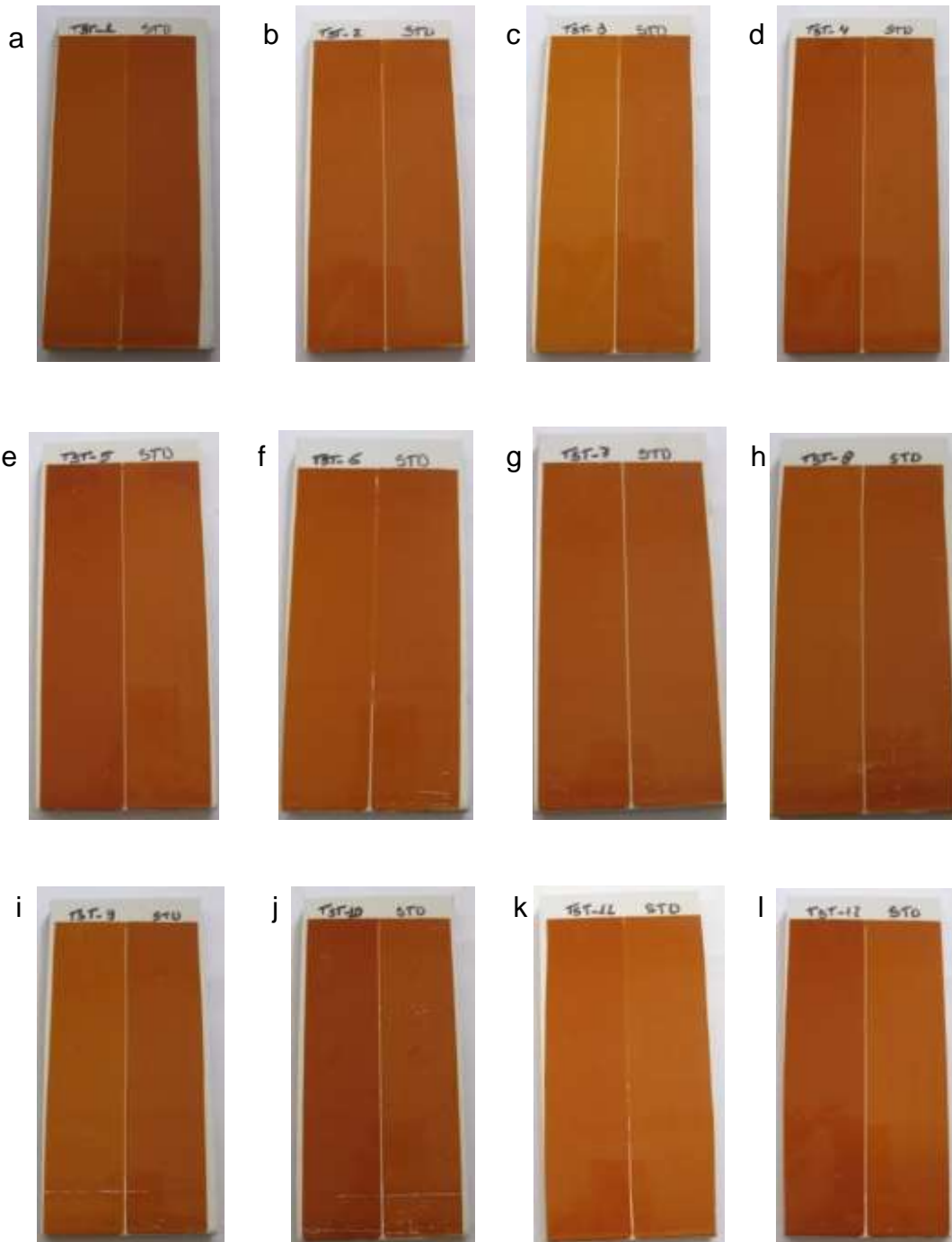


Figura 07 – Fórmula STD/teste e suas respectivas alterações e medições apresentadas na tabela 03

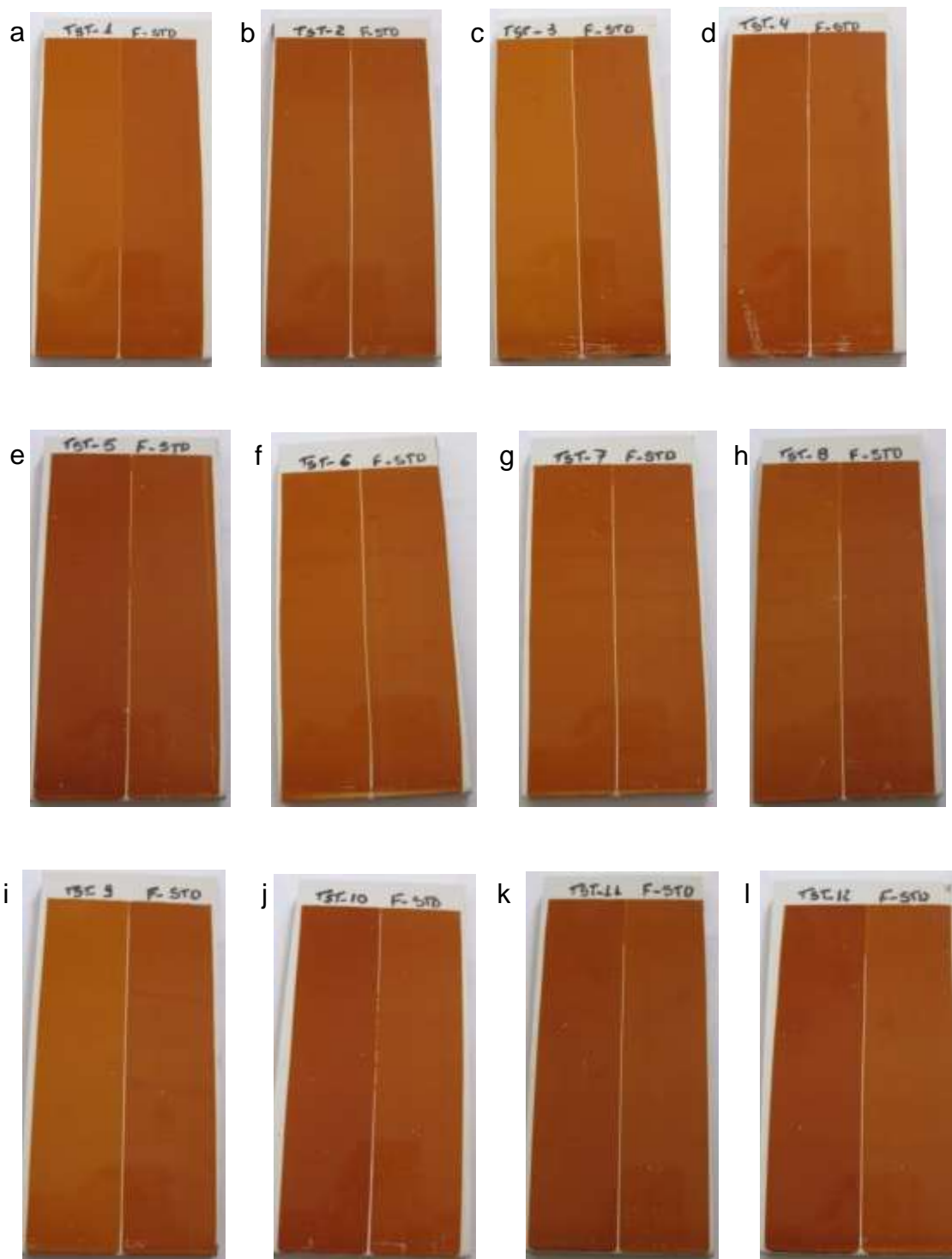


Figura 08 – Formulações padrão comparadas, medidas apresentadas na tabela 03.

Fórmula STD/fórmula TST



STD/fórmula STD



STD/fórmula TST



### 3.5 Resultados colorimétricos das aplicações.

A tabela 04 mostra as alterações dos elementos químicos e a análise colorimétrica realizada.

Tabela 03 – Alterações dos componentes da fórmula testes e suas respectivas leituras colorimétricas

Amostra	Alteração	Leitura Colorimétrica Fórmula STD/testes	Leitura Colorimétrica STD/testes	Leitura Colorimétrica STD/Fórmula TST
a Teste I	-3%Fe +3%Zn	L 2.98 a -0.40 b 3.50 $\Delta E$ 4.62	L 2.11 a -0.73 b 2.43 $\Delta E$ 3.3	L -1.45 a 0.58 b -0.11 $\Delta E$ 1.56
b Teste II	-3%Fe +3%Cr	L -0.30 a -0.39 b -0.02 $\Delta E$ 0.49	L -0.09 a -0.69 b 0.07 $\Delta E$ 0.70	<b>Leitura Colorimétrica STD/Fórmula STD</b>
c Teste III	-3%Fe +3%Al	L 4.10 a -1.10 b 4.24 $\Delta E$ 6.02	L 3.35 a -1.23 b 4.37 $\Delta E$ 5.64	L -1.39 a -0.09 b -0.92 $\Delta E$ 1.67
d Teste IV	-3%Zn +3%Fe	L -2.24 a 0.64 b -1.02 $\Delta E$ 2.54	L -1.64 a 0.47 b -1.43 $\Delta E$ 3.04	<b>Leitura Colorimétrica Fórmula STD/Fórmula TST</b>
e Teste V	-3%Zn +3%Cr	L -2.29 a 0.11 b -2.10 $\Delta E$ 3.16	L -3.46 a 0.29 b -2.55 $\Delta E$ 4.31	L 0.65 a 0.74 b 0.82 $\Delta E$ 1.28

f Teste VI	-3%Zn +3%Al	L -0.12 a 0.46 b 1.73 $\Delta E$ 1.79	L 0.66 a -0.02 b 1.49 $\Delta E$ 1.65
g Teste VII	-3%Cr +3%Fe	L -0.75 a 0.92 b 2.14 $\Delta E$ 2.45	L -0.52 a 0.65 b 1.30 $\Delta E$ 1.54
h Teste VIII	-3%Cr +3%Zn	L 3.26 a -0.13 b 3.64 $\Delta E$ 4.89	L 2.65 a -0.25 b 3.31 $\Delta E$ 4.25
i Teste IX	-3%Cr +3%Al	L 3.44 a -0.24 b 5.03 $\Delta E$ 6.10	L 2.35 a -0.18 b 1.42 $\Delta E$ 5.01
j Teste X	-3%Al +3%Fe	L -3.48 a 0.02 b -3.58 $\Delta E$ 4.99	L -5.26 a 0.64 b 3.64 $\Delta E$ 6.43
k Teste XI	-3%Al +3%Zn	L -1.79 a 0.59 b -0.96 $\Delta E$ 2.12	L -2.19 a 0.14 b -1.44 $\Delta E$ 2.63
l Teste XII	-3%Al +3%Cr	L -4.11 a 0.20 b -3.96 $\Delta E$ 5.71	L -5.22 a 0.12 b -3.81 $\Delta E$ 6.43

Os resultados de colorimetria com a variaçao de elementos quimicos como o Zinco, ferro, alumnio e cromo indicaram a possibilidade de obtençao de futuras formulaçoes. Trabalhos posteriores poderao utilizar estes parâmetros para a formulaçao de produtos especificos. Variaçoes de 3% na adiçao ou subtraçao do elemento produzem resultados significativamente diferentes, indicando algumas possibilidades de cores a serem desenvolvidas.

### 3.2 Análise Econômica.

Através da substituição da alumina STD pela TST, houve uma diminuição no custo de formulação, pois a alumina TST tem um custo menor, R\$0,24 de diferença entre a alumina STD. O custo de fórmula STD real é de R\$ 5,81 já a fórmula TST tem um custo de R\$5,73. No caso da fórmula TST tem-se uma perda ao fogo 0,5% em relação a fórmula STD, deve-se levar em consideração já que se tem uma produção de aproximadamente 3 ton. por mês. Desta forma deve-se acrescentar 0,5% no custo da fórmula TST, assim obtendo o custo real

de R\$5,76. Deste modo, cada 3 ton. de pigmento caramelo produzido tem-se uma economia de R\$150.

#### **4. Considerações finais.**

Como conclusão, foi possível substituir o  $\text{Al}(\text{OH})_3$  STD, pelo  $\text{Al}(\text{OH})_3$  TST sem problemas, pois suas características eram parecidas, analisadas através do laudo técnico dos fornecedores, comprovadas nos testes realizados, com diferença no tamanho de partículas. Esta diferença no tamanho de partículas influenciou na tonalidade do pigmento deixando-o mais amarelo, o que aproximou do STD que é o padrão desejado. Com essa substituição a empresa ganhou em custo, pois foi obtida uma redução de 0,05 R\$/kg, tendo uma economia de 150R\$/mês.

Sugere-se como trabalho futuro a caracterização química e mineralógica do pigmento obtido para verificação das propriedades deste.

#### **Referências:**

Associação Nacional dos Fabricantes de Cerâmica para Revestimento, Louças Sanitárias e Congêneros – ANFACER. Disponível em: <http://www.anfacer.org.br>. Acessado em 22 de agosto de 2012.

BONDIOLI, F.; MANFREDINI, T.; OLIVEIRA, A. P. N. Pigmento inorgânico: Projeto, Produção e Aplicação Industrial. Revista Cerâmica Industrial, São Paulo, p.1-17, julho/dezembro 1998.

CAMPOS, R.R; NICOLAU, J.A; CARIO, S. A. F. O Cluster da Indústria Cerâmica de Revestimento em Santa Catarina: Um Caso de Sistema Local de Inovação . 1998. 57 f. Trabalho de conclusão de curso de economia. Instituto de Economia da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

CASQUEIRA, Rui de Goes; SANTOS, Shirley Fontes. Pigmentos Inorgânicos: Propriedades, Métodos de Síntese e Aplicações. 2008.

ELIZIÁRIO, S. A. Pigmentos de Estrutura Espinélio à Base de Cromo Trivalente. 2007. 124 f. Dissertação (Pós-Graduação em Química) - Universidade Federal da Paraíba.



GOULARTI FILHO, Alcides. Formação Econômica de Santa Catarina. 2. ed. Florianópolis: UFSC, 2007. Produção docente da UNESC.

LOPES, K. P. Desenvolvimento de pigmentos nanométricos encapsulados. 2004. 94f. Dissertação (Pós-Graduação em Química) - Universidade Federal de São Carlos.

LÓPEZ, Purificación Escribano; CASTELLÓ, Juan B. Carda; COORDONCILLO, Eloísa Condorcillo. Esmaltes y pigmentos. Espanha: Castellón, 2001. 300 p.

MILANEZ, K. W. Incorporação de resíduo de galvanoplastia na produção de pigmentos inorgânicos. 2003. 75f. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Química) - Universidade Federal de Santa Catarina.

PÉRES, Enrique Algora. Apuntes de esmaltes y colores cerâmicos. Instituto de Formación Profesional n 2 de Castellón: Generalitat, p.77-86, 1991.