

## **ANÁLISE DA COR DE PEÇAS CERÂMICAS DE REVESTIMENTO SUBMETIDAS A DIFERENTES CONDIÇÕES DE PROCESSAMENTO**

A.O. Feitosa (1); J.E. Soares Filho (1); R.R. Menezes (2); R.P.S. Dutra (1)  
1 – Programa de Pós Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais –  
PPCEM / UFPB  
2 – Universidade Federal de Campina Grande – UFCG  
Campus Universitário I, João Pessoa – Paraíba  
CEP: 58051-900 Fone: 55 83 3216-7076, Fax: 55 83 3216-7905  
e-mail: alanof.ufpb@gmail.com

### **RESUMO**

*A cor é uma característica muito importante nos produtos cerâmicos. Em revestimentos cerâmicos a base da cerâmica normalmente é classificada de base vermelha ou de base branca. Outro fator relevante para a variação da cor é o processamento que é submetido o material. Neste sentido, este trabalho tem como objetivo principal analisar e quantificar a cor de peças cerâmicas, utilizadas como revestimentos, desenvolvidas a partir de uma formulação de massas utilizando as seguintes matérias primas: argila, feldspato, caulim e quartzo. Cada matéria prima foi analisada separadamente e em seguida foi feita uma formulação padrão envolvendo todas elas, sendo estas submetidas a diferentes temperaturas de processamento. Todas as amostras foram quantificadas em relação à cor utilizando o espaço colorimétrico tridimensional pelo método CIELAB. Resultados apontam que cada matéria prima possui um valor próprio de cor e que a temperatura contribuiu de forma direta para a variação da cor das peças cerâmicas.*

Palavras-Chave: Cor, materiais cerâmicos, revestimento cerâmico, temperatura.

### **INTRODUÇÃO**

A cor obtida após a queima das bases das cerâmicas de revestimento é uma característica que pode constituir fator determinante na escolha do produto final pelo consumidor.

Na atualidade os consumidores estão cada vez mais criteriosos, exigindo a oferta de produtos mais uniformes, não apenas nos aspectos tecnológicos como também nos estéticos. Dessa forma é de fundamental importância que as indústrias

de revestimentos cerâmicos possam controlar e otimizar todo o seu processo produtivo, a fim de oferecer produtos padronizados e de excelente qualidade aos seus consumidores.

A variação da cor nas bases das cerâmicas de revestimento é influenciada por vários fatores e não constitui tarefa fácil a sua investigação, em função da grande quantidade de variáveis a serem analisadas, isso devido às características peculiares da sua matéria prima principal, a argila.

Alguns trabalhos vem sendo desenvolvidos ao longo dos anos, com a finalidade de tentar explicar como a cor pode variar em função de um determinado fator, mesmo que de maneira isolada. Roveri <sup>(1)</sup> investigou a variação da cor e propriedades cerâmicas com o aumento da temperatura de queima com uma argila proveniente da formação Corumbataí, em Piracicaba, São Paulo, chegando a resultados que constataam que a variação de coloração dos corpos de prova ensaiados está relacionada à liberação de  $Fe^{2+}$  presente na argila, por volta de 1000°C, conferindo a estes, coloração que varia de laranja a avermelhada, logo a influência do ferro é verificada acima dessa temperatura.

Melchiades <sup>(2)</sup> estudou as possíveis causas e soluções para a formação de coração negro em revestimentos cerâmicos. Quinteiro <sup>(3)</sup> estudou o efeito do teor de umidade e da pressão de prensagem sobre as características, dentre elas a cor, de revestimentos cerâmicos. A influência da temperatura de queima na variação de tonalidades de produtos cerâmicos foi investigada por Dutra <sup>(4)</sup> que posteriormente estudou a variação da tonalidade de materiais cerâmicos tradicionais em função do teor de umidade da massa, tendo constatado que a variação do teor de umidade foi responsável por uma variação da tonalidade do material, bem como das propriedades de secagem e queima <sup>(5)</sup>.

Baseado no exposto, este trabalho tem como objetivo analisar e quantificar a cor de peças cerâmicas, utilizadas como revestimentos de pisos e paredes, desenvolvidas a partir de uma formulação de massas utilizando as seguintes matérias primas: argila, feldspato, caulim e quartzo, tendo como variável a temperatura de queima das peças, cuja quantificação da cor foi realizada com o espaço colorimétrico tridimensional pelo método CIELAB.

## MATERIAIS E MÉTODOS

As matérias primas utilizadas para a formulação padrão nesse trabalho são provenientes do município de Parelhas, Rio Grande do Norte, com exceção da argila que foi adquirida de uma indústria de revestimento cerâmico da Paraíba, situada no município de Alhandra. As matérias primas foram aqui identificadas pelas seguintes denominações: AG (argila), CL (caulim), FE (feldspato) e QZ (quartzo).

Após a coleta, as matérias primas foram colocadas para secagem em uma estufa elétrica com temperatura de  $100\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  pelo período de 24 horas, posteriormente foram destorroadas e preparadas para os ensaios de caracterização. As matérias primas foram analisadas quimicamente por espectrometria de fluorescência de raios X através do equipamento da Shimadzu XRF-1800. A análise mineralógica foi realizada através da difração de raios X, utilizando o equipamento da Siemens XRD-5000, tendo sido utilizado para a avaliação das fases das matérias primas a comparação entre picos gerados no difratograma e as cartas padrões do software JCPDF cadastradas no ICDD (International Center for Diffraction Data). Finalizando a etapa de caracterização foram feitas análises térmicas sobre as matérias primas pelas técnicas de Termogravimetria (TG) e Análise Térmica Diferencial (DTA), utilizando-se o analisador termodiferencial DTA-60H da Shimadzu, com análise simultânea.

Após os ensaios de caracterização as matérias primas foram preparadas para o processo de confecção das peças cerâmicas e posterior análise e quantificação da cor. Inicialmente as matérias primas foram passadas na peneira com abertura de 0,074mm (200 mesh), em seguida foi feita a formulação padrão com a mistura das matérias primas na seguinte proporção: CL (40%), FE (40%), AG (10%) e QZ (10%); em seguida a formulação foi moída por via úmida em um moinho de bolas na proporção da carga de 3:1 (massa cerâmica:bolas); logo após, a mistura moída foi levada para secagem em estufa elétrica com temperatura de  $100\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  pelo um período de 24 horas. Em seguida a mistura foi destorroada e homogeneizada com 7% de água e conformadas em uma matriz metálica de dimensões de 6 cm x 2 cm, utilizando prensagem uniaxial de 5 toneladas. O processo de queima foi realizado em forno elétrico tipo câmara, com atmosfera oxidante, nas seguintes temperaturas 1140 °C, 1150 °C, 1180 °C, 1200 °C, 1220 °C e 1250 °C, com resfriamento natural no próprio forno.

A análise e quantificação da cor das peças cerâmicas foi realizado através do espaço colorimétrico tridimensional pelo método CIELAB, utilizando para isso o equipamento GretagMacbeth Color-Eye 2180. Esse método utiliza um novo tratamento matemático das mesmas intensidades relativas das radiações correspondentes às cores vermelha, verde e azul, que visa uniformizar o espaçamento entre as cores nos espaços colorimétricos. De uma maneira geral, esse sistema faz uso de três parâmetros para a identificação de uma cor: o parâmetro  $L^*$ : indica o grau de luminosidade. Varia entre 0 (preto) e 100 (branco); o parâmetro  $a^*$  (tonalidade):  $a^* < 0$  maior participação da cor verde;  $a^* > 0$ , maior participação da cor vermelha; o parâmetro  $b^*$  (saturação):  $b^* < 0$ , maior participação da cor azul;  $b^* > 0$ , maior participação da cor amarela, onde:  $a^*$  e  $b^*$  são denominadas coordenadas cromáticas. Com base na intensidade relativa de cada um desses comprimentos de onda os parâmetros  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  são calculados e utilizados para se identificar a cor do objeto.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os resultados das análises químicas das matérias primas utilizadas na elaboração da formulação padrão.

Tabela 1: Composição química das matérias primas.

Matérias Primas	Concentrações em peso (%)			
	AG	CL	FE	QZ
SiO <sub>2</sub>	66,17	48,17	61,94	95,73
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	25,50	47,94	23,67	2,35
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,33	0,58	-	-
K <sub>2</sub> O	1,25	1,06	12,77	0,05
SO <sub>3</sub>	0,66	2,08	1,42	1,81
TiO <sub>2</sub>	1,63	-	-	-
CaO	0,70	-	-	0,03
MgO	0,86	-	-	-
MnO	-	0,02	-	-
Na <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,15	-	-	-
Outros	0,75	0,15	0,20	0,03

Observar-se que as amostras AG e CL apresentam baixos teores de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Segundo Barba <sup>(6)</sup> a presença desse elemento divide as argilas em de queima clara, com teores  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  inferiores a 3% e de queima avermelhada com teores superiores a 3%, logo a mistura dessas matérias primas deve conferir ao produto uma tonalidade clara. Não obstante, a existência de outros elementos metálicos, como o titânio e a presença de compostos solúveis são fatores que influenciam de modo apreciável na cor final obtida. As amostras AG e CL apresentaram baixos teores de óxidos fundentes ( $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{CaO}$  e  $\text{MgO}$ ) totalizando um teor de 2,96% e 1,06%, respectivamente, o que deve proporcionar uma baixa formação de fase líquida e fazer necessário a adição de uma outra matéria prima que supra essa necessidade.

As amostras AG e CL ainda apresentaram elevados teores de  $\text{SiO}_2$ , 66,17% e 48,17%, respectivamente. A presença de sílica nas massas de cerâmica de queima clara é fundamental já que este é um dos componentes para o controle da dilatação e para ajuste da viscosidade da fase líquida formada durante a sinterização da massa cerâmica, além disso, o quartzo finamente moído pode ser muito útil quando misturado nas argilas que contém calcário, utilizadas na massa cerâmica, pois acima de 900° C reage com o  $\text{CaO}$  formando silicato de cálcio e contribuindo para maior resistência mecânica do produto <sup>(7)</sup>. As amostras AG e CL ainda apresentam elevados teores de  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 25,50% e 47,94%, respectivamente. Esse óxido confere ao produto final uma característica de refratariedade. A amostra “QZ”, quartzo, como esperado, apresentou elevado teor de  $\text{SiO}_2$ . A presença de quartzo nas massas de cerâmica branca é fundamental já que facilita a secagem e a liberação dos gases durante a queima e por ser um importante regulador da correta relação entre  $\text{SiO}_2$  e  $\text{Al}_2\text{O}_3$  para a formação de mulita ( $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ ).

A amostra “FE” apresentou um elevado teor de óxido de potássio,  $\text{K}_2\text{O}$  (12,77%), podendo ser considerado como um feldspato potássico. Esse feldspato atuará na mistura como uma matéria prima fundente e auxiliará na formação de fase líquida durante o processo de sinterização do produto cerâmico.

A Figura 1 apresenta o resultado da análise mineralógica obtida por difração de raios X. A amostra do difratograma (a) apresenta a presença de caulinita ( $(\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ ), quartzo ( $\text{SiO}_2$ ) e óxido de titânio ( $\text{TiO}_2$ ). A amostra do difratograma (b) é constituída de caulinita ( $(\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ ), quartzo ( $\text{SiO}_2$ ) e óxido de cálcio e magnésio ( $\text{Ca}_2\text{Mn}_{14}\text{O}_{27} \cdot x\text{H}_2\text{O}$ ).

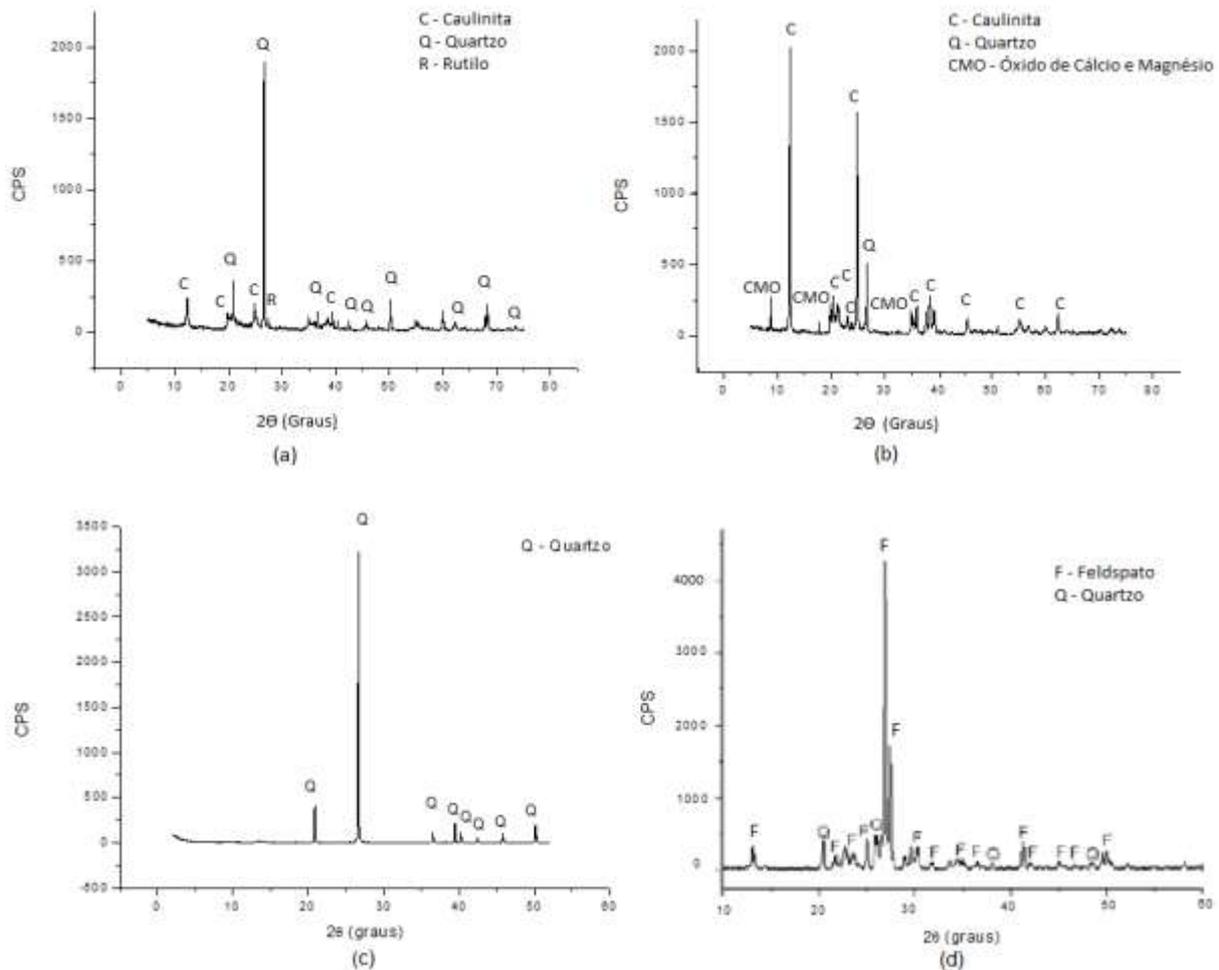


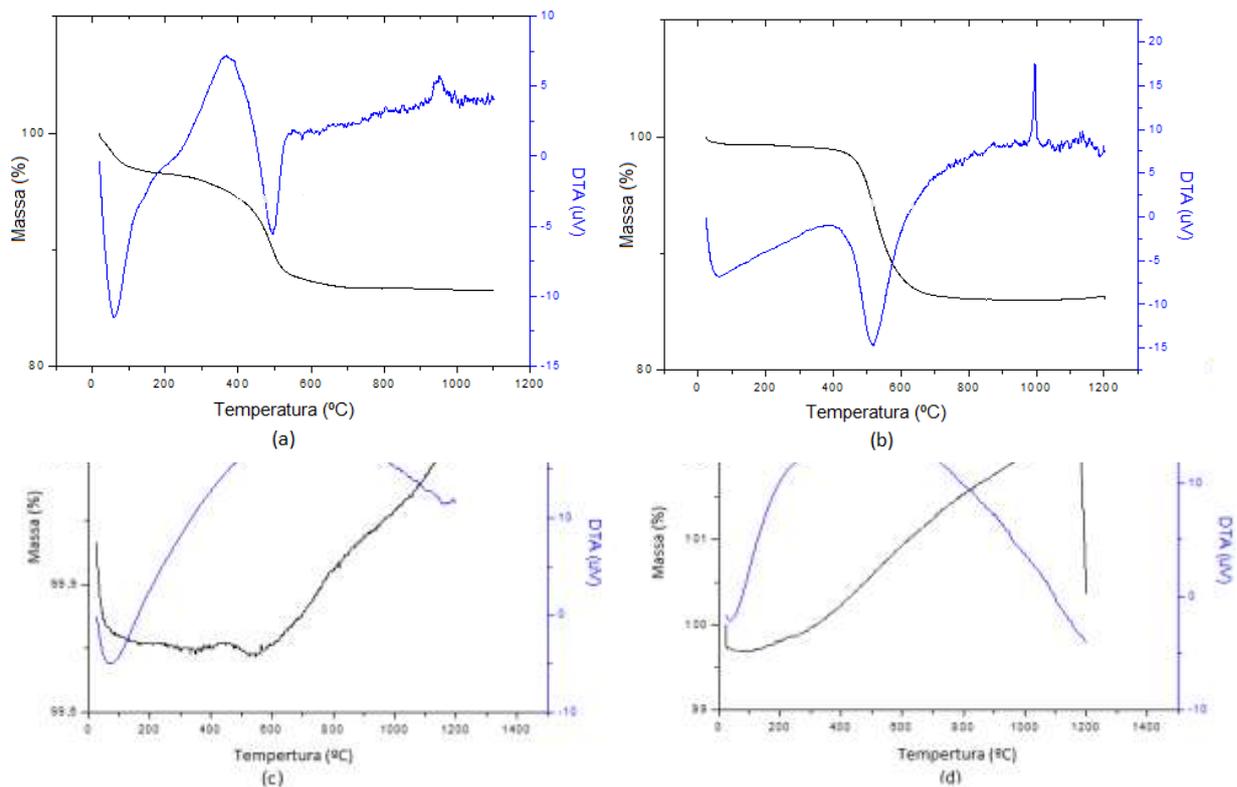
Figura 1 – Difratoigramas de raios X das amostras: a) AG - argila; b) CL – caulim; c) QZ – quartzo; d) FE – feldspato.

De acordo com a Figura 1, observa-se que o difratograma (c) apresentou apenas uma fase, o próprio quartzo, confirmando os resultados obtidos na análise química que apresentou um teor de 95,73% para o ( $\text{SiO}_2$ ).

A amostra do difratograma (d) apresenta picos de feldspato e quartzo. Esse feldspato como confirmado pela análise química da Tabela 1 ( $\text{K}_2\text{O}$ , 12,77%) pode ser classificado como potássico, conhecido como ortoclásio. Por ser uma das poucas fontes de compostos alcalinos insolúveis em água, os feldspatos são os fundentes mais empregados nas pastas cerâmicas. Esta característica facilita a formação de uma quantidade apreciável de material vítreo e viscosidade adequada, assegurando a vitrificação das peças assim como a consistência e indeformabilidade durante o processo de queima <sup>(6)</sup>.

A Figura 2 apresenta as curvas TG e DTA das amostras utilizadas no trabalho. As curvas termogravimétricas mostram a estabilidade térmica das matérias primas, enquanto as curvas de DTA possibilitam a detecção de picos endotérmicos e exotérmicos nas matérias primas.

Figura 2 – Curvas TG e DTA das amostras: a) AG - argila; b) CL – caulim; c) FE – feldspato; d) QZ – quartzo.



De acordo com o DTA, Figura 2, observa-se que todas as matérias primas apresentam um pico endotérmico entre as temperaturas de 30°C a 170°C, referente à eliminação da água livre e de constituição e com uma pequena perda de massa associada. As amostras AG e CL apresentaram pico endotérmico acentuado no intervalo de temperaturas entre 500 °C a 600 °C, pico esse associado à eliminação dos íons  $\text{OH}^-$  da estrutura cristalina, e característico de argilas caulínicas e caulins, também existe uma perda de massa associada a esse pico. Após esse pico essas amostras passaram por um período de indução, sem apresentação de picos, fase essa denominada de metacaulinita, sem perda de massa evidenciada. Na amostra QZ a temperatura aproximada de 570 °C também ocorre um pico endotérmico, porém de baixa intensidade associado à transformação do quartzo- $\alpha$  para o quartzo- $\beta$ , provocando uma expansão da amostra. Na temperatura aproximada de 1000 °C

ocorre o primeiro pico exotérmico nas amostras AG e CL, pico esse totalmente característico de argilas caulínicas, associado à formação das estruturas cristalinas do tipo espinélio e mulita primária. Nota-se que a amostra FE apresenta um comportamento praticamente constante ao longo de todo intervalo de temperatura. Por tratar-se de um feldspato potássico ela tem a característica de apresentar uma temperatura de fusão mais elevada, fornecendo à massa cerâmica uma viscosidade mais elevada na formação de fase líquida durante o processo de sinterização.

Os parâmetros obtidos pelo método CIELAB para quantificação da cor das peças cerâmicas produzidas a partir da formulação padrão, com variação da temperatura de queima, são apresentados na Tabela 2 a seguir.

Tabela 2: Parâmetros para quantificação da cor pelo método CIELAB.

Temperaturas °C	Parâmetros		
	L*	a*	b*
1140	81,81	4,72	18,99
1150	80,73	4,30	20,27
1180	79,55	4,11	19,88
1200	78,26	3,65	18,65
1220	77,10	3,05	16,42
1250	73,59	1,66	12,90

De uma maneira geral todas as peças apresentaram uma tendência à coloração branca, isso pode ser observado pelos valores obtidos para o parâmetro “L\*”, luminosidade, que estão mais próximos do valor (100), uma vez que a formulação padrão, utilizada para produção das peças cerâmicas, possui duas amostras com características de queima clara, “AG” (argila) e “CL” (caulim). Os valores do parâmetro “a\*” por serem todos maiores que zero ( $a^* > 0$ ) indicam que todas as peças possuem uma maior participação da cor vermelha, isto é, apresentam uma tonalidade avermelhada com grau de saturação, representado pelo parâmetro “b\*”, com maior participação da cor amarela, uma vez que esse parâmetro apresentou valores maiores que zero ( $b^* > 0$ ).

A Figura 3 apresenta um gráfico obtido pelo equipamento colorimétrico no qual se pode verificar a concentração da cor, em função da reflexão, em qualquer temperatura de queima empregada, dentro de um espectro que vai desde o

ultravioleta, passando pelo visível, até o infravermelho. O espectro de luz visível contém comprimentos de onda que vão desde 400 a 700nm, aproximadamente. A observação dessa figura confirma os resultados dos parâmetros apresentados na Tabela 2, isso é, existe uma grande concentração, dentro do espectro de luz visível, da tonalidade vermelha a alaranjada, com valores que chegam a aproximadamente 80% de reflexão da luz.

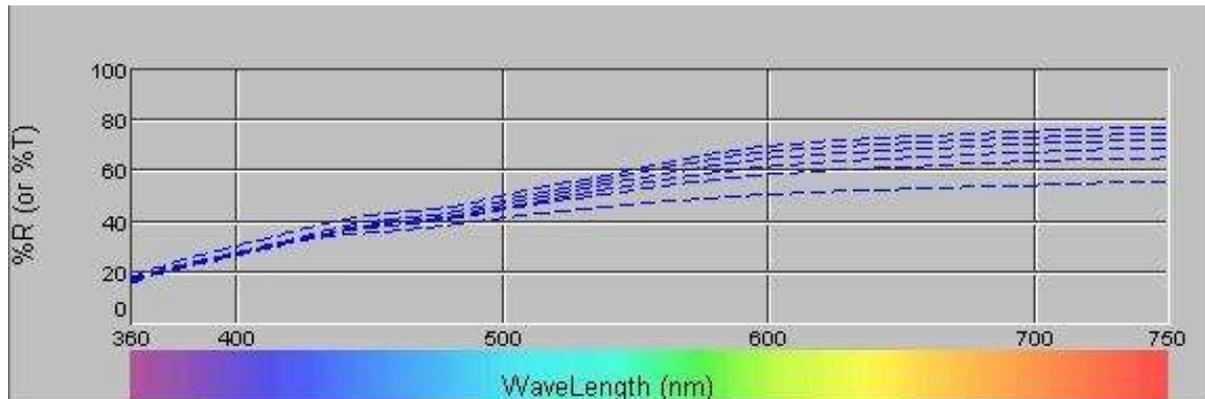


Figura 3 – Variação da reflexão com o comprimento de onda de uma luz branca incidindo sobre as peças cerâmicas.

Na Figura 4 é apresentada a fotografia, realizada pelo equipamento colorimétrico, das peças cerâmicas após a etapa de queima realizada em seis temperaturas diferentes. Observa-se que o aumento da temperatura gerou uma tendência de formação de cor mais escura, pois fez diminuir o valor da luminosidade ( $L^*$ ), bem como da tonalidade ( $a^*$ ) apresentados na Tabela 2. Os valores da saturação da cor ( $b^*$ ) também apresentaram essa tendência de diminuição com aumento da temperatura, com exceção da elevação da temperatura de 1140°C para 1150°C.

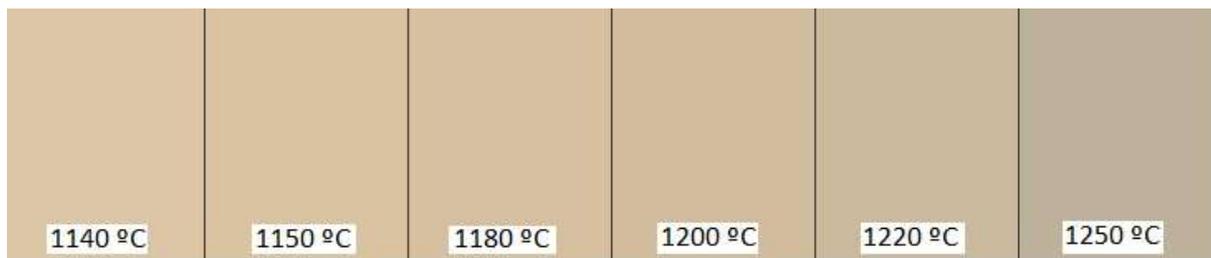


Figura 4 – Fotografia das peças cerâmicas submetidas a várias temperaturas de queima.

Argilas contendo baixo teor de ferro apresentam uma tonalidade ligeiramente cinza quando iniciam seu processo de sinterização, em função do óxido de ferro começar a se dissolver na fase vítrea formada. Por outro lado na formação de fases cristalinas, normalmente em argilas de queima clara, o óxido de ferro em baixos teores produz um efeito opacificante favorecendo a diminuição do brilho e luminosidade da cor. Outro fator importante que deve ser levado em consideração no processo de queima e incremento de temperatura, especialmente em argilas muito cauliníticas é a formação da mulita. O baixo teor de ferro contido nessas argilas podem ser dissolvidos na estrutura da mulita, em função da elevação da temperatura de queima, se isso ocorre, a cor do produto final pode variar desde o branco até o creme <sup>(6)</sup>.

## CONCLUSÕES

As características inerentes a cada matéria prima, envolvida na formulação da mistura padrão, associada à variação de temperatura aplicada no processo de sinterização foram fatores determinantes na variação da cor das peças cerâmicas desenvolvidas neste trabalho.

O aumento da temperatura influenciou de forma significativa na variação da cor das peças cerâmicas, pois o seu incremento fez diminuir os parâmetros de luminosidade, tonalidade e saturação da cor, deixando as peças com uma aparência mais escura. Além disso, a tonalidade “creme” apresentada por todas as peças está associada ao baixo teor de óxido de ferro ( $Fe_2O_3$ ) presentes nas matérias primas, sobretudo na argila (AG) e caulim (CL) que apresentaram elevados teores de  $SiO_2$  e  $Al_2O_3$ , ferro esse que provavelmente foi totalmente dissolvido e associado à estrutura da mulita que acredita-se ter sido formada pela sinterização das argilas de

queima clara submetidas as elevadas temperaturas envolvidas no processo de sinterização.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Programa de Pós Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais da Universidade Federal da Paraíba, pelo apoio financeiro, bem como ao Laboratório de Combustíveis do Departamento de Química da UFPb pelo apoio nas análises e quantificação da cor.

## REFERÊNCIAS

1. ROVERI, C. D., et al. **Variação da cor e propriedades cerâmicas com o aumento da temperatura de queima com uma argila proveniente da formação Corumbataí, em Piracicaba, São Paulo.** Revista Cerâmica, 2007.
2. MELCHIADES, F. G., et al. **Coração negro em revestimentos cerâmicos: Principais causas e possíveis soluções.** Revista cerâmica industrial, março/abril, 2001.
3. QUINTEIRO, E, et al. **Efeito do teor de umidade a da tensão de prensagem sobre as características de revestimentos cerâmicos.** Revista cerâmica industrial, maio/agosto, 1997.
4. DUTRA, R. P. S, et al . **Anais 48º Congresso Brasileiro de Cerâmica,** Curitiba, PR, 2004.
5. DUTRA, R. P. S, et al . **Estudo da variação de tonalidade de materiais cerâmicos tradicionais.** Parte II: efeito do teor de umidade da massa. 49º Congresso Brasileiro de Cerâmica, São Pedro, SP, 2005.
6. BARBA, A.(et al ) **Materias Primas para La Fabricación de Soportes de Baldosas Cerâmicas.** Castellón: Instituto de Tecnologia Cerâmica – AICE, 1997. 292p.
7. REED, J. S. **Principles of ceramics processing.** 2. Ed. New York: John Wiley & Sons, 1995.

## ANALYSIS OF COLOR PARTS CERAMIC COATING UNDER DIFFERENT CONDITIONS OF PROCESSING

### ABSTRACT

Color is a very important feature in ceramics. In the ceramic of the ceramic base is typically classified based red or white base. Another factor relevant to the color variation that is processing the material is subjected. Thus, this study aims to analyze and quantify the main color of ceramic, used as coatings, developed from a formulation of masses using the following raw materials: clay, feldspar, quartz and kaolin. Each material was analyzed separately and then a standard formulation was performed involving all of them, these being subjected to different processing temperatures. All samples were quantified in terms of color space using the colorimetric method for three-dimensional CIELAB. Results indicate that each feedstock has its own value and color temperature that contributed directly to the change in color of the ceramic pieces.

Key-words: Color, Ceramic materials, Ceramic coating, temperature.