

Cores e Tonalidades em Revestimentos Cerâmicos

Fábio G. Melchiades e Anselmo O. Boschi

Laboratório de Revestimentos Cerâmicos - LaRC - DEMa – UFSCar

Rodovia Washington Luís, Km 235 - 13565-905 São Carlos – SP

e-mail: daob@power.ufscar.br

Resumo: Este trabalho visa apresentar os conceitos fundamentais relacionados à formação das cores e tonalidades de revestimentos cerâmicos. Inicialmente os parâmetros fundamentais na definição da cor de um objeto são apresentados e discutidos. A seguir os sistemas empregados para se expressar cores assim como os métodos de medida das mesmas são introduzidos. Para finalizar, discute-se os mecanismos gerais de coloração de vidrados cerâmicos, apresentando-se algumas das variáveis que podem dar origem a variação de tonalidade de revestimentos cerâmicos.

Palavras-chaves: *tonalidades, colorimetria e vidrados cerâmicos*

Introdução

Se pedirmos para quatro pessoas diferentes dizerem qual é a cor de um determinado objeto provavelmente teremos cinco respostas diferentes. Sim, cinco respostas pois alguém certamente não vai se contentar com uma única resposta! Além disso as respostas certamente serão algo como “verde-azulado”, “cinza-claro”, “gelo”, “be-ginho”, “meio azulado”, etc.

Essas respostas podem ser satisfatórias para as conversas triviais do dia-a-dia da maioria das pessoas. Entretanto, quando, por exemplo, dois especialistas precisam trocar informações a distância sobre uma determinada cor, esse tipo de linguagem não é mais suficientemente específica. É preciso se buscar formas mais precisas e inequívocas de se expressar cores. Esse problema tem sido objeto de estudo de um considerável número de especialistas no mundo todo por muito anos. Vários modelos foram desenvolvidos e novas propostas de variações dos modelos anteriores e/ou novos modelos são apresentados freqüentemente. Como era de se esperar, cada um desses modelos é mais apropriado para determinadas aplicações. Cabe pois ao usuário identificar qual é o modelo mais adequado para as suas necessidades específicas.

A decoração é sem dúvida alguma uma das mais importantes características dos revestimentos cerâmicos. Embutido no conceito de decoração está a cor e por sua vez a tão falada tonalidade. A razão pela qual a tonalidade está tão presente nas conversas dos profissionais que trabalham na fabricação de revestimentos cerâmicos, entretanto, está relacionada a dificuldade em se manter essa característica dentro de determinados intervalos de variação ao longo de

um período de tempo relativamente longo. O problema da variação da tonalidade é uma realidade inquestionável para o setor de revestimentos cerâmicos que atinge todos os fabricantes no Brasil e no exterior.

Para que se possa minimizar esse problema primeiro é preciso compreender todos os aspectos que influenciam a visualização da cor de um objeto. Em segundo lugar é preciso estabelecer uma linguagem precisa para expressar univocamente essa característica dos revestimentos cerâmicos. Finalmente, é preciso estabelecer uma metodologia adequada para a caracterização das cores de revestimentos cerâmicos e os limites de variação admissíveis, tendo em vista a sensibilidade média do olho humano.

O objetivo do presente trabalho foi apresentar de uma maneira didática e sucinta alguns dos principais conceitos relacionados à caracterização da cor dos objetos e analisar a aplicabilidade dos métodos existentes às peculiaridades dos revestimentos cerâmicos.

Cor

A cor não é uma característica absoluta de um objeto mas sim uma percepção humana. Ou seja, a cor de um objeto é uma sensação. Cada indivíduo tem uma percepção própria da cor de um determinado objeto que depende de aspectos fisiológicos e psicológicos. Os estímulos da cor, registrados pela retina, são provocados pela distribuição de energia e as propriedades espectrais da luz visível que passa através, ou é refletida, por um objeto. A sensação de cor somente se concretiza após uma complexa operação na qual o cérebro processa os estímulos recebidos. Portanto a cada cor corresponde um espectro característico. A Figura 1 apresenta alguns desses espectros.

Aspectos que Influenciam a Visualização das Cores

Como mostra a Figura 2 a percepção das cores envolve a participação de três elementos fundamentais: a fonte de luz, o objeto e o observador.

No caso dos revestimentos cerâmicos, que, via de regra, não são transparentes, pode-se dizer que a fonte de luz emite uma radiação eletromagnética que incide sobre o objeto, interage com a superfície e o novo espectro, resultante dessa interação, é refletido e detectado pelo olho do observador. A partir de então impulsos nervosos são enviados ao cérebro que produz a sensação denominada cor.

Deste modo, para compreender a formação da cor é preciso estudar detalhadamente cada um dos elementos envolvidos, assim como as inter-relações entre os mesmos.

Luz

A luz é ao mesmo tempo onda e partícula. Tendo em vista os objetivos deste trabalho a luz será abordada somente sob o ponto de vista de onda. A luz consiste em uma radiação eletromagnética, ou seja, tem uma componente magnética e outra elétrica.

Cada luz possui um espectro eletromagnético característico. A Figura 3 apresenta os espectros típicos de algumas das fontes de iluminação mais comuns. Cada espectro consiste no registro da intensidade da radiação correspondente aos comprimentos de onda contidos no intervalo estudado. O espectro eletromagnético ordena os diferentes tipos de radiação em função do comprimento de onda. A luz solar emite radiação com comprimentos de onda que vão desde o ultravioleta, passando pelo visível, até o infravermelho. A região denominada "visível", como mostra a Figura 3, contém comprimentos de onda que vão desde 400 a 700 nm, aproximadamente. Nesse intervalo estão situadas as radiações que correspondem a todas as cores que o olho humano pode identificar. Portanto, existem sete cores básicas com comprimentos de onda característicos

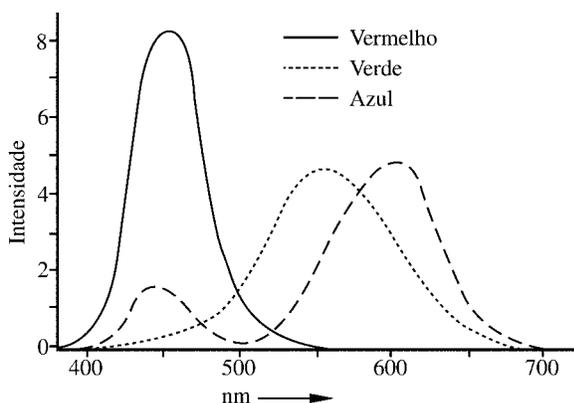


Figura 1. Espectros correspondentes às cores vermelho, verde e azul.

terísticos que varrem toda a região visível do espectro eletromagnético. Essas cores, na ordem decrescente do comprimento de onda, são vermelho, laranja, amarelo, verde, azul, anil e violeta. A soma de todas estas cores produz a cor branca.

É importante observar, portanto, que a cor de um objeto depende do espectro da fonte de luz. Se o espectro da luz que incide sobre o objeto for alterada, as interações² com o objeto também serão diferentes e o produto dessas interações (cor) também serão.

Assim, um mesmo objeto observado sob a luz do dia, sob uma lâmpada incandescente e sob uma lâmpada fluorescente poderá apresentar cores distintas. Isso ocorre porque estas fontes de luz possuem espectros diferentes, como mostra a Figura 4. A luz do dia tem distribuição larga de comprimentos de onda, a lâmpada incandescente possui maior participação de comprimentos de onda elevados (daí sua cor amarelada) e a lâmpada fluorescente privilegia determinados comprimentos de onda que faz com que ela

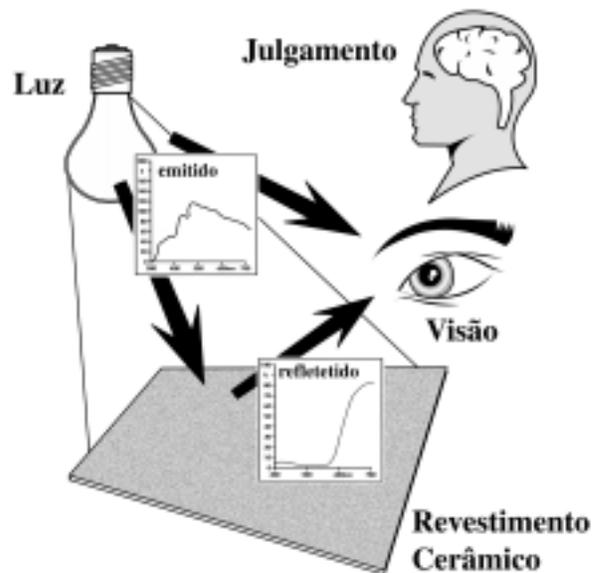


Figura 2. Representação esquemática da percepção da cor por um observador (adaptado da referência 1).

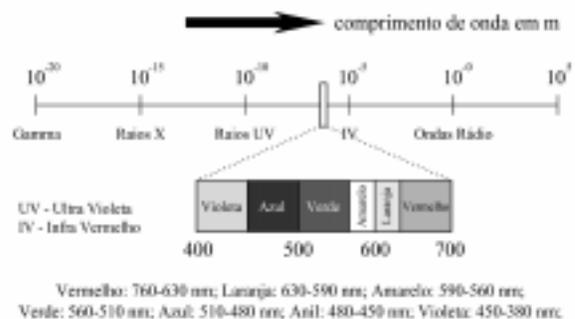


Figura 3. Representação do espectro eletromagnético com destaque para a região visível.

tenha uma cor levemente azulada. Por este motivo, o fato de que dois objetos apresentam a mesma cor sob uma determinada fonte de luz não significa que o mesmo se dará para outra fonte de iluminação que emita um espectro diferente. Metamerismo é quando dois objetos apresentam as mesmas cores sob uma fonte de iluminação e cores distintas sob outra.

A luz interage com o objeto e dá origem a um novo espectro que atinge a retina do observador, como mostra a Figura 1. A luz incidente possui um espectro e a refletida outro. A diferença entre esses dois espectros depende da interação da luz com os elementos presentes no objeto. Esses elementos, como mostra a Figura 5, absorvem partes do espectro original e refletem, ou deixam passar, no caso dos objetos transparentes, outras, dando origem a um novo espectro e a sensação correspondente a cor do objeto. A Figura 5 mostra o resultado da interação de uma luz branca que passa através de um vidro verde.

É importante salientar que o espectro de uma lâmpada pode mudar com o tempo de uso.

Objeto

Quando uma fonte de luz incide sobre um objeto, três fenômenos diferentes podem ocorrer: reflexão, absorção e transmissão. A transmissão está relacionada com a translucidez do objeto. Sob o ponto de vista da percepção da cor, os fenômenos de absorção e reflexão são os mais relevantes. Este fato decorre da capacidade de absorver (ou refletir) determinados comprimentos de onda, que é uma característica específica de cada material. Desta maneira, a cor de um objeto é uma decorrência dos comprimentos de onda que ele é capaz de absorver e conseqüentemente daqueles que reflete. Assim, um objeto é visto como vermelho unicamente porque reflete somente a fração do espectro correspondente ao comprimento de onda da cor vermelha.

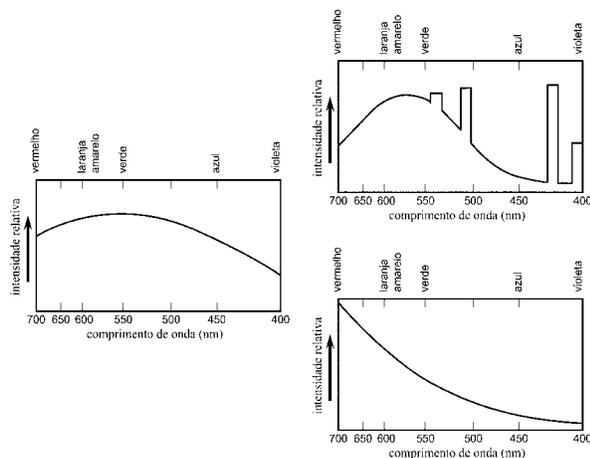


Figura 4. Distribuição de comprimentos de onda para diferentes fontes de iluminação (adaptado da referência 1).

Um objeto branco é capaz de refletir todos os comprimentos de onda da região visível do espectro. De maneira análoga, um objeto preto absorve todos os comprimentos de onda da região visível do espectro, não refletindo nenhum comprimento de onda na região visível.

Observador

O primeiro contato do observador com a cor de um objeto se dá através da recepção da energia luminosa. Este contato é realizado através do olho do observador que funciona como uma espécie de janela para a entrada da energia luminosa proveniente da interação da luz com o objeto.

No interior do olho humano existem os cones e os bastonetes que são as estruturas responsáveis pela recepção da energia luminosa. Uma vez detectada, a energia luminosa é convertida em impulsos nervosos pela retina, sendo estes transmitidos ao cérebro.

O olho humano possui três tipos de cones receptores que apresentam, cada um deles, máxima sensibilidade às cores vermelho, verde e azul. Desta forma, pode-se dizer que o olho humano é capaz de detectar apenas três cores básicas, mas a partir de combinações das mesmas consegue visualizar todas as outras.

Ao longo dos anos ficou claro que são necessários três parâmetros para se caracterizar uma cor: tonalidade, luminosidade e saturação³.

A tonalidade corresponde ao comprimento de onda predominante. A luminosidade, por sua vez, está relacionado à intensidade da energia eletromagnética. A saturação depende das proporções ocupadas por cada comprimento de onda na radiação eletromagnética. A Figura 6 representa graficamente as definições de tonalidade, intensidade e saturação das cores. O olho humano é capaz de detectar tanto variações de tonalidade, como de luminosidade e saturação.

Assim, pode-se dizer que a tonalidade é apenas um dos elementos que determinam a cor de um objeto. A manutenção da tonalidade em uma linha de produção não

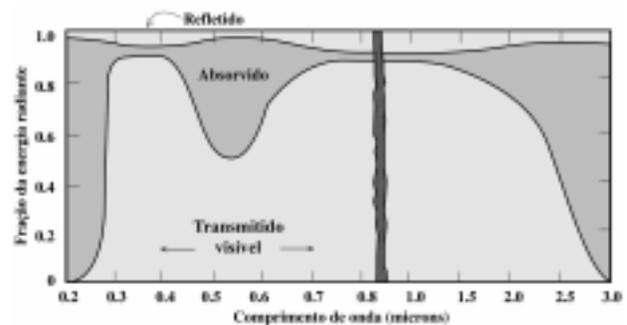


Figura 5. Variações da reflexão, absorção e transmissão com o comprimento de onda de uma luz branca incidindo sobre um vidro verde (adaptado da referência 7).

garante que sejam produzidas peças de mesma cor, visto que a luminosidade e a saturação podem ter variado. Assim, o termo “variação de tonalidade”, amplamente empregado nos meios cerâmicos, é um termo mal utilizado, visto que não engloba todos os tipos de variação associados à cor de um objeto, que podem ser detectadas pelo olho humano.

Porém, apesar de toda a complexidade da visão, o olho humano ainda apresenta algumas limitações quando procura identificar cores em objetos. Primeiramente, a percepção da cor pode variar de observador para observador, visto que depende da recepção da energia luminosa e da transmissão de impulsos nervosos ao cérebro. Além disso, são conhecidos os casos de daltonismo e outras deficiências visuais que prejudicam a percepção da cor. Por fim, por mais precisa que seja a visão humana, existem algumas variáveis que afetam nossa percepção, como o fundo sobre o qual observamos um objeto, a maior sensibilidade do olho

para determinadas cores e ainda o cansaço visual decorrente de tempos prolongados de observação.

As limitações do olho humano e a necessidade de se utilizar métodos quantitativos para avaliar e expressar, univocamente, cores levaram ao desenvolvimento de uma ciência conhecida como colorimetria.

Sistemas de Medição da Cor

Representar uma cor através de números sempre foi uma idéia muito atrativa, pois facilitaria consideravelmente a comunicação e a comparação entre cores., permitindo inclusive um tratamento quantitativo dessas diferenças. Mas como transformar cores em números?

O primeiro passo para que essa transformação possa ser feita é identificar as características mínimas necessárias para se exprimir uma cor. Através dos anos chegou-se a conclusão que essas características são: a tonalidade, a

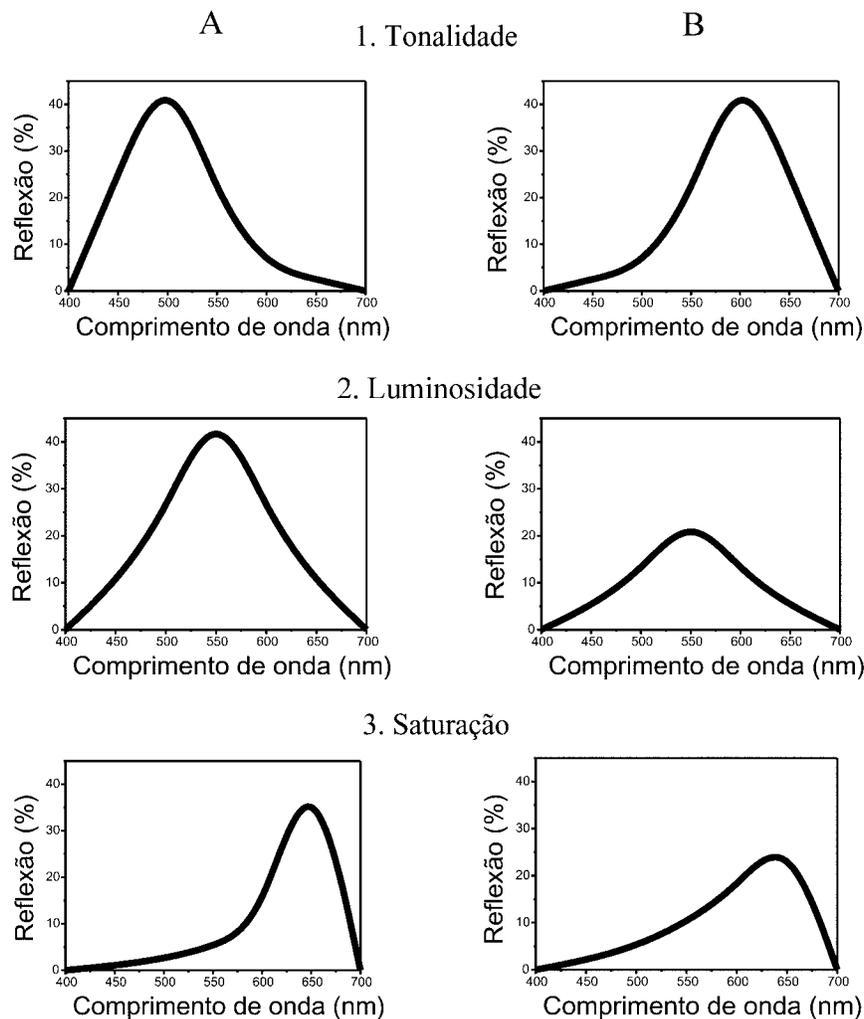


Figura 6. Elementos que determinam a cor de um objeto (adaptado da referência 1).

luminosidade e o grau de saturação, como mencionado anteriormente.

O passo seguinte consiste em representar graficamente essas variáveis em diagramas cromáticos de tal modo que cada ponto no plano ou espaço corresponda a uma única cor. Dessa forma a identificação das cores seria feita pelas coordenadas do ponto que corresponde a uma determinada cor.

A principal diferença entre os dois métodos mais conhecidos atualmente são os espaços colorimétricos, ou seja, o espaço no qual as cores são representadas. O CIE (Commission Internationale de l'Eclairage, ou seja, Comissão Internacional de Iluminação) estabeleceu o diagrama cromático Yxy, em 1931. E o espaço colorimétrico L*a*b* em 1976.

O método do espaço colorimétrico Yxy, baseia-se no sistema de percepção das cores pelo olho humano (tristimu-

lus). A Figura 7 apresenta o espaço bidimensional utilizado para representar todas as cores. A localização dos pontos correspondentes a cada cor são calculadas matematicamente à partir da intensidade relativa dos comprimentos de onda correspondentes às cores vermelho (x), verde (y) e azul (z), no espectro da cor que se quer caracterizar. Todas as tonalidades estão dispostas ao longo da linha mais externa do diagrama cromático e o grau de saturação aumenta do centro para as bordas da figura.

O principal inconveniente do método Yxy é a proximidade de algumas cores, que dificulta consideravelmente a visualização das suas diferenças, como ocorre para alguns tons de verde. Por outro lado, para alguns tons de azul, esse problema praticamente inexistente.

Para solucionar este problema os métodos CIELAB e HUNTERLAB utilizam um novo tratamento matemático das mesmas intensidades relativas das radiações correspondentes às cores vermelho, verde e azul, que visa uniformizar o espaçamento entre as cores no espaço colorimétricos⁴. Os dois sistemas são bastante parecidos existindo algumas diferenças nas equações matemáticas que utilizam e no maior leque de possibilidades de cálculos do Sistema CIELAB. De uma maneira geral, ambos sistemas fazem uso de três parâmetros para a identificação de uma cor:

- parâmetro L*: indica o grau de luminosidade. Varia entre 0 (preto) e 100 (branco);
- parâmetro a*: a* < 0 maior participação da cor verde; a* > 0 – maior participação da cor vermelha;
- parâmetro b*: b* < 0 – maior participação da cor azul; b* > 0 – maior participação da cor amarela.

onde: a* e b* são denominadas coordenadas cromáticas.

A Figura 8 mostra a localização no sistema CIELAB de objetos com: a) mesma tonalidade e grau de saturação mas luminosidade diferentes e b) mesma luminosidade e saturação mas diferentes tonalidades. É importante enfatizar que, como mostra a Figura 8.a, muito embora a tonalidade seja a mesma a localização dos pontos mostra que as cores são diferentes. Portanto, como mencionado anterior-

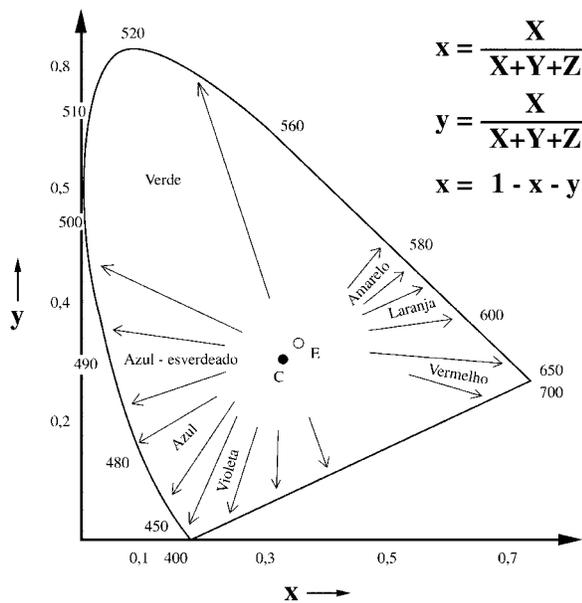


Figura 7. Diagrama cromático.

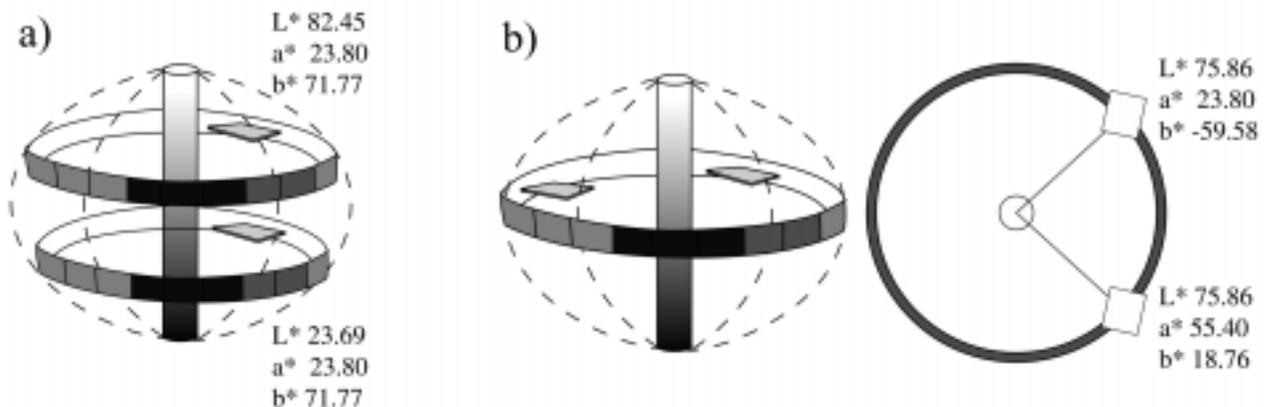


Figura 8. Representação de algumas cores através do Sistema Cielab (adaptado da referência 1).

mente, a variável tonalidade não pode ser confundida com cor. A cor de um objeto é caracterizada pela sua tonalidade, luminosidade e saturação.

O espaço colorimétrico tridimensional dos métodos CIELAB e HUNTERLAB também podem ser representados em coordenadas polares. Nesse caso, a localização dos pontos no espaço colorimétrico são representadas pelas coordenadas L^* (luminosidade), C^* (grau de saturação, que aumenta do centro para as bordas) e h (ângulo de tonalidade, que começa a ser contado no sentido anti-horário a partir do eixo $+a^*$).

Nos sistemas CIELAB e HUNTERLAB a comparação entre duas cores (ΔE) pode ser calculada matematicamente. A base para esses cálculos são os parâmetros L^* , a^* , b^* das duas cores. Segundo Tozzi⁸, valores de E maiores que 1,0, no sistema CIELAB, podem ser detectados pelo olho humano, ao passo que, para o sistema HUNTERLAB esse valor passa a ser de 0,5. Cabe ressaltar que este valor limite varia com as características do objeto e da cor analisada.

Com relação aos sistemas CIELAB e HUNTERLAB, é muito importante lembrar que, muito embora os dois métodos utilizem os mesmos símbolos para expressar cores e a diferença entre duas cores, as equações empregadas para se calcular cada um desses parâmetros são consideravelmente diferentes e podem dar origem a confusões.

Colorímetros

Há fundamentalmente dois tipos de equipamentos disponíveis para se caracterizar a cor de um objeto, os colorímetros e os espectrofotômetros.

Nos colorímetros a radiação refletida pelo objeto é filtrada, separando-se as frações correspondentes aos comprimentos de onda do vermelho, verde e azul. Com base na intensidade relativa de cada um desses comprimentos de onda e do modelo escolhido, CIELAB ou HUNTERLAB, os parâmetros L^* , a^* , b^* são calculados e utilizados para se identificar a cor do objeto.

Os espectrofotômetros não se limitam a ler as reflexões correspondentes aos comprimentos de onda do vermelho, verde e azul. Neles a luz refletida pelo objeto é subdividida em um grande número de intervalos de comprimentos de ondas e é feita a leitura da intensidade relativa correspondente a cada um desses intervalos. Dessa forma, os espectrofotômetros permitem o levantamento do espectro correspondente à reflexão proveniente da superfície da peça. Ou seja, a caracterização da cor fornecida pelos espectrofotômetros é bastante mais completa do que a dos colorímetros tristímuli, baseados no sistema RGB. Segundo Tozzi⁸, muito embora os colorímetros baseados em leituras tristímuli sejam mais simples e baratos, os espectrofotômetros são os equipamentos mais utilizados para a caracterização das cores de revestimentos cerâmicos.

Apesar da enorme evolução dos colorímetros e espectrofotômetros nos últimos anos, ainda existem alguns

problemas para a aplicação dessas técnicas aos materiais cerâmicos. A presença da decoração de determinados produtos, formados pela deposição de diferentes tintas em diferentes regiões de uma mesma peça, por exemplo, pode comprometer a repetibilidade das leituras. Além disso, as características da superfície do objeto também podem afetar a percepção da cor pelo olho humano ao passo que os colorímetros ainda não conseguem detectar tais diferenças.

A escolha do equipamento correto merece muita atenção pois há uma considerável diversidade de fabricantes e modelos e muita gente que acha que por entender de corantes e tintas também entende de colorímetros. Isso raramente é verdade. A colorimetria é uma ciência e é recomendável que se procure a assistência de um especialista para orientar na escolha correta. Determinar o equipamento mais compatível com as necessidades específicas de cada usuário e que pode ser adquirido por um preço que caiba no seu orçamento não é uma tarefa simples.

Um último lembrete ainda sobre esse assunto, economizar na melhoria da qualidade é um contrasenso.

Cores em Vidrados Cerâmicos

O desenvolvimento das cores nos vidrados cerâmicos se dá geralmente através de dois mecanismos básicos:

- pelo desenvolvimento da cor na própria matriz vítrea;
- pela adição de pigmentos calcinados.

No primeiro caso, existem duas possibilidades para a formação da cor. Pode haver a presença de íons coloridos modificadores da rede do vidro, ou mesmo o desenvolvimento de colóides no interior do vidro. No entanto, apesar destes mecanismos terem sido empregados largamente no passado, especialmente em vidrados de baixa temperatura, atualmente na fabricação de revestimentos cerâmicos a coloração é obtida mediante o uso de corantes cerâmicos calcinados.

Os corantes permanecem insolúveis no vidro após a etapa de queima. Deste modo, o vidrado pode ser compreendido como uma matriz vítrea contendo partículas de tamanho reduzido de corantes cerâmicos. Os corantes apre-



Figura 9. Efeitos da presença de corantes em um vidrado cerâmico.

sentam índices de refração diferentes da matriz vítrea e, de acordo com sua natureza, apresentam capacidade de absorver determinados comprimentos de onda da luz. Assim, quando um raio de luz incide sobre um vidrado com partículas de corante em seu interior, o corante absorve determinados comprimentos de onda da radiação e reflete outros. Como resultado, o vidrado apresenta reflexão especular e difusa da luz incidente, sendo esta última favorecida pela presença das partículas de corante. A Figura 9 traz uma representação esquemática deste mecanismo⁵.

A cor obtida em um vidrado cerâmico com partículas de corante em seu interior será determinada pelas seguintes variáveis:

- natureza do pigmento: determinará sua capacidade de absorver e refletir determinados comprimentos de onda da luz incidente;
- fração volumétrica do pigmento: determinará a maior ou menor interação da luz com as partículas de pigmento, afetando a reflexão difusa e conseqüentemente a intensidade da cor;
- área superficial do pigmento: determinada pelo tamanho e morfologia das partículas do corante. A interação da luz com o corante se dá através da superfície das partículas de corante. Quanto maior a área superficial, maior será o efeito do corante para o desenvolvimento da cor no vidrado.

Desta forma, controlando-se o tipo de corante a ser empregado, o teor utilizado e sua granulometria, torna-se possível garantir a manutenção da mesma tonalidade na fabricação de revestimentos cerâmicos. No entanto, a manutenção da tonalidade não garante que a aparência das peças fabricadas será a mesma. Se as características superficiais das peças apresentarem variações, certamente um produto de mesma tonalidade apresentará aparência diferente, prejudicando sua aplicação em um determinado ambiente.

Nos vidrados cerâmicos é possível desenvolver superfícies brilhantes, mates, semi-mates e foscas. O aspecto superficial⁶ será determinado pela composição química do vidrado, pelo caminho ótico, pela textura da superfície e pela presença de cristais na matriz vítrea, dentre outros fatores de menor importância.

A composição química do vidrado irá determinar seu índice de refração. Quanto maior a diferença entre o índice de refração do vidrado e do ar, maior é o desvio que o raio de luz sofre ao passar do meio ambiente para o interior do vidrado. Em função deste desvio sofrido, a quantidade de luz refletida pelo vidrado será alterada, trazendo alterações para o aspecto superficial do vidrado.

O caminho ótico corresponde ao trajeto percorrido pela luz após incidir na superfície do material. Se a espessura da camada de vidrado não é controlada com sucesso na linha de esmaltação, são produzidas peças com diferentes espes-

suras de vidrado. Desta forma, o caminho percorrido por um raio de luz torna-se diferente entre uma peça e outra, resultando em peças de aparência diferente.

A textura da superfície de um vidrado pode ser radicalmente alterada em função do sistema de aplicação utilizado (esmaltação a disco, campana, etc.). Uma superfície mais rugosa – obtida com a esmaltação a disco, por exemplo – aumenta a reflexão difusa do vidrado. Por outro lado, a superfície plana favorece a reflexão especular da superfície, conferindo maior brilho ao vidrado cerâmico. Estas diferenças são detectadas na aparência do produto, mas não se manifestam como variação de tonalidade.

Por fim, a cristalização nos vidrados também pode alterar profundamente a aparência do produto sem que se altere a tonalidade do mesmo. Os vidrados cerâmicos podem conter cristais em seu interior como produto da adição de fases cristalinas insolúveis no meio vítreo ou pela formação de cristais durante o ciclo de queima.

A formação de cristais sempre envolve dois estágios necessários: a nucleação e o crescimento. A presença de milhares de pequenos núcleos no interior do vidrado pode ocorrer sem alterar as características superficiais, se os núcleos não apresentarem tamanhos suficientemente grandes para interagir com a radiação eletromagnética.

Durante o resfriamento no ciclo de queima, existe um intervalo de temperatura em que o crescimento destes pequenos núcleos é favorecido. A temperatura não pode ser muito elevada, para que a agitação molecular excessiva não impeça a organização dos cristais, nem muito baixa, pois a viscosidade elevada do vidrado em baixas temperaturas impede o transporte de matéria para a formação das fases cristalinas. Assim, entre 800 e 1000 °C geralmente tem-se o intervalo ótimo para a cristalização.

É possível evitar a variação da aparência do produto através do controle do volume de cristais e do tamanho dos mesmos no interior do vidrado. Para isso, a composição química do vidrado, o grau de moagem efetuado e o ciclo de queima, com especial atenção para o resfriamento, devem ser controlados para garantir a fabricação de peças de mesma aparência.

Comentários Finais

Indiscutivelmente o aspecto da superfície decorada é uma das mais importantes características dos revestimentos cerâmicos. Dadas as características da utilização dos revestimentos cerâmicos, entretanto, com algumas exceções, a reprodutibilidade desse aspecto em todas as peças de um mesmo produto, ao longo do tempo é desejável. Uma das principais características do aspecto superficial é a cor.

Para que essa característica, a cor da superfície, possa ser mantida dentro de intervalos de variação relativamente estreitos é preciso se estabelecer uma metodologia que nos permita avaliar essa característica. Nesse sentido, o presente trabalho teve por objetivo apresentar os fundamentos

da ciência conhecida como colorimetria para que se pudesse avaliar a possibilidade da sua aplicação no desenvolvimento e controle de qualidade de revestimentos cerâmicos.

Em vista do exposto pode-se perceber que existe sim um considerável número de ferramentas e que elas, quando adequadamente utilizadas, podem representar uma importante contribuição para a melhoria da qualidade dos revestimentos cerâmicos. Entretanto, dadas as peculiaridades características dos esmaltes utilizados nesse tipo de produto e os efeitos decorativos geralmente associados a eles, a confiabilidade e a reprodutibilidade das medidas pode ficar consideravelmente comprometida para uma considerável parte dos produtos atualmente sendo comercializados. Isto porém não elimina os benefícios que essa ciência pode trazer ao setor mas aumenta as exigências necessárias para que se possa identificar o aparelho mais adequado, efetuar a medida corretamente e, principalmente, interpretar os resultados e saber extrair deles diretrizes técnicas que levem à minimização da chamada variação de tonalidade. O domínio desse problema, que aflinge todos os fabricantes de revestimentos cerâmicos, certamente passa pelo estabelecimento de uma metodologia que nos permita avaliá-lo quantitativamente. Os desenvolvimentos necessários para que a colorimetria possa atender às necessidades específicas dos ceramistas somente poderão ser feitos através do trabalho conjunto de pesquisadores, fabricantes de equipamentos e usuários ceramistas, a exemplo do que ocorreu em outros segmentos que estão hoje muito mais bem servidos pela colorimetria do que o setor cerâmico.

Na era da qualidade total e do aprimoramento contínuo, é passada a hora dos ceramistas começarem a interagir com os especialistas em colorimetria com o objetivo de desenvolver métodos que atendam, cada vez mais, às suas necessidades específicas. Outros segmentos, tais como os

fabricantes de tecido, papel e plásticos, dentre outros, deram esse paço há algumas décadas.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Prof. Dr. Vicente Sáenz, do Instituto de Tecnología Cerámica de Castellón, Espanha, pelas valiosas sugestões apresentadas e à Color-Tec, pelas imagens obtidas a partir de seu site na Internet.

Referências Bibliográficas

1. <http://www.color-tec.com/color/color.htm> – Site da Internet.
2. CALLISTER JR., W. D - *Materials Science and Engineering* - Fourth Edition, John Wiley & Sons, pág.692-717, 1997.
3. RYAN, W.; RADFORD, C. – *Whitewares – Production, testing and quality control* – First Edition, Pergamon Press, pág. 271-283, 1987.
4. PÉREZ, E.A. – *Apuntes de esmaltes y colores cerámicos* – Instituto de Formación Profissional nº2 de Castellón, Generalitat Valenciana, pág. 77-86, Valencia, 1991.
5. MARTÍ, V.; NOTARI, P. et all. – *Método racional de preparación e ajuste de tintas serigráficas* – Cerâmica Industrial, vol.3, nº4-6, 06-17, 1998.
6. PAGANELLI, M. – *Effetto delle variabili processo sul colore e l'apparenza nell'industria ceramica e del vetro* – Apostila
7. KINGERY, W. D., Bowen, H. K., Uhlmann, D. R. – *Introduction to Ceramics* - John Wiley & Sons., New York, USA, pag. 655, 2ª Edição, 1976.
8. TOZZI, N. – *Smalti Ceramici* – Gruppo Editoriale Faenza Editrice, Bologna, Itália, 1992.