

Técnicas de medição
na colorimetria

Técnicas de medição na colorimetria



Em aplicações colorimétricas, a cor é medida objetivamente; portanto, a percepção cromática visual deve ser estimulada o mais precisamente possível com os sistemas de medição utilizados.

“Cor” nesse caso sempre se refere à especificação da cor, ou seja, a sensação interpretada pelo olho como resultado de um estímulo de cor. O objetivo da medição não é o estímulo de cor (físico, espectral), mas sim a especificação de cor (produtora de efeito).

Instrumentos de medição

Dois tipos de instrumentos são utilizados para medição de cores – o espectrofotômetro e colorímetro triestímulo. Eles usam equipamentos e metodologias diferentes e produzem tipos distintos de descrições numéricas de cores.

O colorímetro triestímulo

Um colorímetro usa filtros para gravar a quantidade de luz refletida em três faixas de comprimento de onda pelo espectro visível. Ele inclui filtros vermelho, verde e azul, que geralmente correspondem às funções de composição de cores x , y e z 2° CIE 1931. Essas funções são usadas para estimular os detectores no olho. As combinações de cores representadas pelos filtros dependem da luz utilizada. Por causa disso, um colorímetro pode produzir uma notação triestímulo para apenas uma luz (a de medição) e uma para a condição do observador (que é estimulado pelos filtros do instrumento).

Colorímetros triestímulos possuem breves tempos de medição, são de simples operação e relativamente baratos. Eles são usados principalmente em controle de qualidade e são confiáveis na avaliação da diferença de cores e checagem de tolerância de cores. Contudo, o colorímetro triestímulo não pode detectar metamerismo e não é usado para calcular.



O espectrofotômetro

Espectrofotômetros analisam a luz refletida ou transmitida por uma amostra para cada comprimento de onda no espectro visível, comparado com uma amostra de referência. Eles são encaixados em um aparelho, em geral um elemento de difração, que decompõe a luz incidente em comprimentos de ondas individuais. Espectrofotômetros medem a fração de luz refletida/ transmitida por um objeto em cada faixa do comprimento de luz no espectro. Esses dados representam as características fotométricas da amostra. Os dados resultantes são referenciados como dados espectrais.

Esses dados são medidas independentes e relativas de um objeto que servem como uma impressão digital da cor. Eles nunca mudam para o objeto e podem ser usados de diversas maneiras.

- Uma única medição do objeto pode ser utilizada para calcular os valores de triestímulos de uma cor sob uma variedade de condições de iluminantes/observadores.
- Por causa dessa habilidade, ela pode ser usada para identificar se as amostras são metaméricas uma em relação à outra.
- Os dados podem ser utilizados para avaliar as diferenças de cores entre amostras e calcular receitas cromáticas para aplicações comerciais de combinações de cores.

Espectrofotômetros são simples e fáceis de operar. Graças ao desenvolvimento tecnológico, esses instrumentos continuam a ficar mais leves, tornando-os portáteis. Além disso, os preços de espectrofotômetros industriais tornaram-se competitivos em relação aos tradicionalmente baratos colorímetros triestímulos.

A tecnologia dos instrumentos

Três componentes são necessários para gerar uma descrição numérica de cores: luz, objeto (amostra) e o observador (olho e cérebro).



Esse tripé é encontrado novamente em instrumentos de medição para medição de cores. O objeto continua sendo o mesmo. A fonte de luz é implementada por uma lâmpada e, possivelmente, um filtro adicional. O olho e o observador são estimulados por um sistema dispersivo ou equipamento com um monocromador e um detector de radiação conectados. O objeto é precisamente colocado no lugar por um compartimento para amostras. A geometria de mensuração específica como a amostra é iluminada e “observada” pelo instrumento de medição. No observador humano, o cérebro converte o estímulo de cor em percepção cromática. Ao utilizar um instrumento de medição, a tarefa de aplicar os cálculos colorimétricos é realizada por aparelhos com processamento de sinais ou por um computador (microcomputador).



A fonte de Luz

A fonte de luz localiza-se no instrumento. Instrumentos modernos para medição de cores geralmente usam um dos três tipos de fontes de luz – lâmpadas de halogênios, xenônio ou LED. Elas são encaixadas com um filtro para estimular o poder espectral de emissão da luz do dia.

O sensor

O observador é estimulado pelo detector luminoso. O “olho” do equipamento de medição cromática depende do tipo de instrumento. A configuração do sensor varia se for utilizado o colorímetro ou o espectrofotômetro.

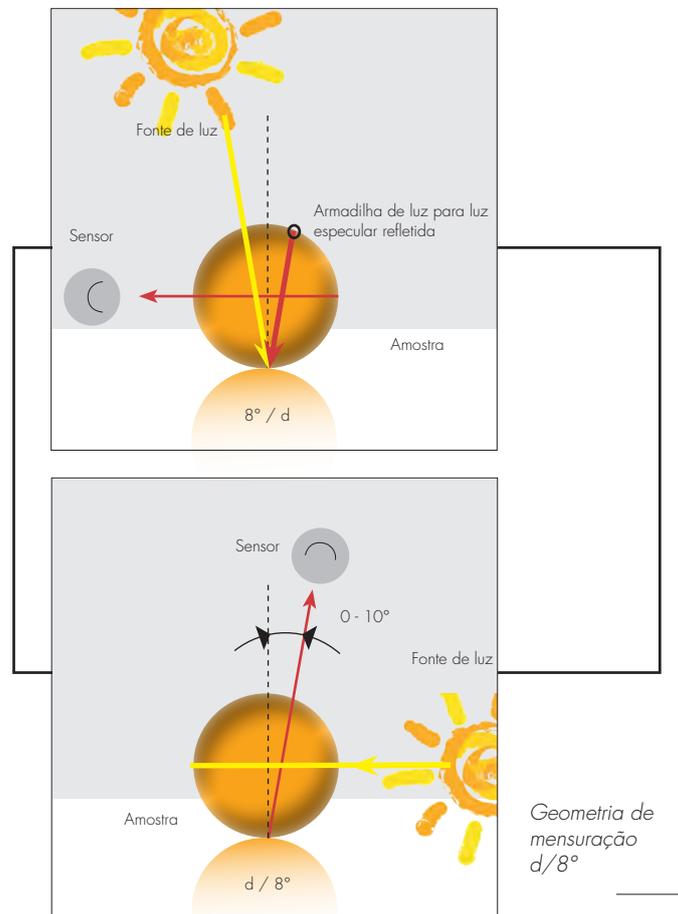
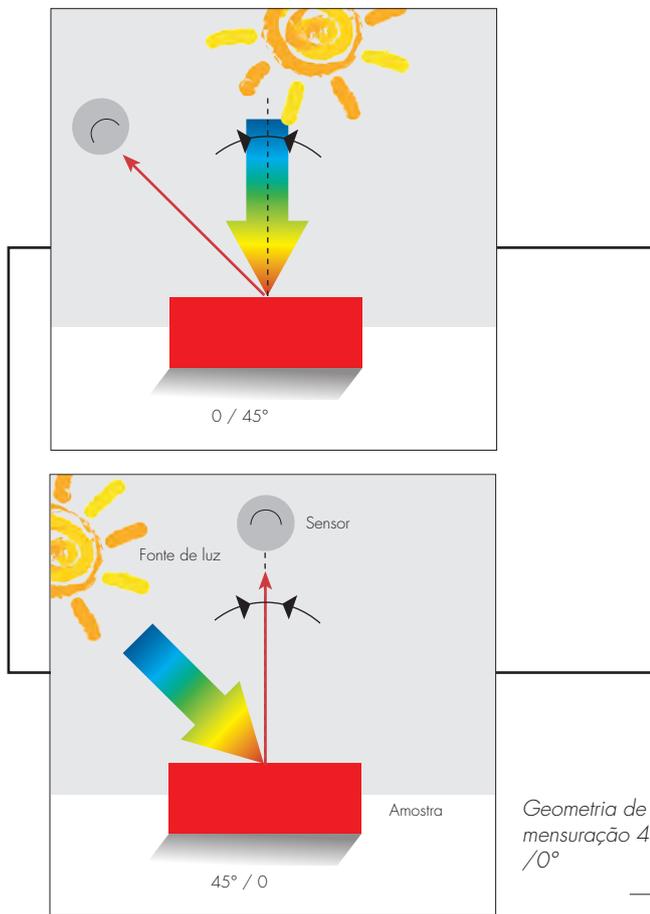
O objeto (a geometria de mensuração)

A percepção cromática de um objeto depende das condições de iluminação e observação utilizadas. O mesmo objeto pode gerar experiências distintas de percepção cromática dependendo do ângulo em que um objeto é iluminado ou observado. Instrumentos de medição de cores são configurados para estimular um ângulo fixo e específico de amostras de iluminação e observação. A geometria de mensuração define os ângulos de iluminação e observação estimulados pelo instrumento.

Ela utiliza dois ângulos para identificar as condições, por exemplo, $d/8^\circ$. O primeiro ângulo identifica o de iluminação e o segundo define o ângulo de observação.

Três geometrias de mensuração são geralmente usadas nos espectrofotômetros:

- Geometria esférica ($d/8^\circ$). A luz refletida /transmitida pelo objeto é coletada em uma esfera. Nesse instrumento, o objeto é iluminado por luz difusa (d). Essa luz se origina de várias localidades distintas por volta da esfera. O detector é posicionado a 8° do objeto normal. Alguns instrumentos revertem essa configuração para $8^\circ/d$. Nessa configuração, a luz localiza-se a 8° e múltiplos detectores estão localizados por volta da esfera.
- Geometria angular. A luz e o detector são fixos em ângulos específicos em relação ao objeto. (iluminação e observação alvos em ângulos fixos). A geometria mais empregada é a $0^\circ/45^\circ$ ou instrumentos $45^\circ/0^\circ$.
- Instrumentos de medição que utilizam essa geometria simulam condições naturais de observações usadas por humanos. Essa configuração é útil quando há diferenças de brilho entre as amostras. Ela exclui o componente brilho e com frequência produz uma avaliação instrumental que possui melhor concordância com a avaliação visual. Essa geometria é frequentemente utilizada para a inspeção de diferença de cores entre dois produtos que não são feitos durante o mesmo processo ou com os mesmos materiais.
- Geometria multi-angular. Há uma categoria de espectrofotômetros que visualiza a amostra de diversos ângulos. O ângulo de iluminação é fixo, mas os detectores estão localizados em diversos ângulos. Essa geometria de mensuração está encontrando seu lugar em procedimentos usados para avaliar efeitos de corantes como os metálicos e os perolados.



A área de aplicação determina a geometria de mensuração utilizada.

Instrumentos de medição com geometria angular (45°/0°) utilizam iluminação direcionada da amostra em um ângulo de 45° e medem a luz refletida pela amostra em uma direção a 0° (ou inversamente 0°/45°).

Sistemas de medição com essa geometria de mensuração visualizam a amostra sob condições similares àquelas observadas naturalmente por um ser humano. Isso significa que medições com a geometria angular (45°/0° ou 0°/45°) são sempre tomadas excluindo-se o brilho e, portanto, resultam em uma maior equivalência com a impressão visual do olho. Essa geometria é predominantemente utilizada no controle de qualidade de cores de produtos finais.

Instrumentos de medição de geometria esférica (d/8°) iluminam a amostra de forma difusa e medem a luz refletida pela amostra em uma direção no ângulo de 8° com a amostra na posição vertical.

Ao utilizar um instrumento esférico, o componente especular pode ser incluído ou não na medição. Especular significa "como um espelho". A reflexão especular é regular; o ângulo de reflexão é igual ao de incidência. A condição de medição escolhida depende do objetivo em relação à medição de diferenças em amostras de superfícies. A iluminação com o componente especular incluído (SCI) oculta diferenças entre superfícies. A iluminação com o componente especular excluído (SCE) as acentua.

Quando um objeto é medido com o componente especular incluído (SCI), a medição inclui toda a luz refletida, não se levando em consideração o seu ângulo. Um par de amostras diferentes apenas em sua superfície gera medidas iguais de SCI.

Uma superfície lisa reflete mais luz em ângulos especulares que uma superfície áspera. A exclusão do componente especular da medição de uma amostra lisa exclui mais luz que o componente especular de uma superfície áspera. Como quantidades diferentes de luz são excluídas, as medidas das amostras são diferentes. Contudo, superfícies podem refletir luz regular ou difusamente, então a exclusão da reflexão especular não exclui toda a reflexão da superfície.

A geometria d/8° é utilizada quase que exclusivamente em aplicações que necessitam de cálculos de fórmulas de cores. A maior parte dos instrumentos com geometria d/8° também oferece a opção de medição do comportamento da transmissão de amostras transparentes ou translúcidas.

Conclusion

Na última década, avanços significativos têm sido realizados no desenvolvimento e na produção de sistemas de medição de cores. Comparados com os instrumentos disponíveis anteriormente, os sistemas modernos atuais permitem medições confiáveis com maior precisão e acurácia. Eles também são menores, mais leves e rápidos. Podem ser usados na medição de diferentes tipos de amostras, são mais flexíveis ao processar dados, fáceis de operar e mais baratos do que antes.

As últimas tecnologias de medição de cores permitem a comunicação com padrões digitais, ou seja, a precisão desses instrumentos de medição é tão alta que praticamente nenhuma variação significativa pode ser detectada de um aparelho para outro.

Preparação e apresentação da amostra

Contexto geral

Instrumentos de medição de cores são instrumentos científicos que proporcionam resultados precisos e confiáveis. Quando eles são utilizados, deve-se assegurar que a amostra foi preparada corretamente e que está em ótimas condições. Se não houver o controle dos procedimentos para o preparo e a apresentação da amostra, não se colherão os benefícios do uso de um sistema de cores instrumental.

Preparação da amostra

A preparação da amostra deve ser consistente. A avaliação de amostras coloridas por instrumentos pressupõe que todos os aspectos das amostras a serem avaliadas são os mesmos, exceto a cor. As amostras devem ser preparadas utilizando procedimentos e equipamentos padrão. É necessário identificar todas as variáveis do processo e realizar todo o esforço possível para controlar cada uma delas. Felizmente, é possível utilizar o instrumento de medição de cores para avaliar a consistência do processo. O primeiro passo é definir os limites de repetição e reprodução do sistema.

A repetição se refere à consistência da amostra alcançada quando é preparada usando a mesma matéria-prima, o mesmo equipamento e as mesmas pessoas. É simples conduzir um estudo de repetição. É necessário apenas produzir a mesma amostra em diferentes ocasiões, usando matérias-primas, equipamentos e pessoas idênticos. As amostras feitas para o estudo são então medidas e comparadas. A maior diferença entre cores calculada a partir dessas amostras representa a melhor performance que se pode esperar do processo. Se não houver satisfação com a repetição, deve-se analisar cada etapa do procedimento de realização da amostra. Por exemplo,

deve-se poder ser necessário aumentar o número do lote utilizado, limpar o equipamento após cada lote e recalibrar periodicamente as máquinas utilizadas.

Também é necessário identificar a reprodutibilidade do processo. Isso identifica a consistência da amostra alcançada quando se muda um elemento do processamento da amostra. É prática comum mudar lotes de matérias-primas, o equipamento de processamento ou as pessoas de um lote para o outro. Em um estudo de reprodutibilidade, utiliza-se a mesma fórmula para fazer uma série de amostras. Para cada uma, faz-se uma substituição e avalia-se a diferença de cores entre as amostras. É possível substituir um lote diferente de matérias-primas, um equipamento diferente ou um técnico. Essa é uma avaliação prática pois reflete as condições diárias da operação. Como no estudo de repetição, é possível que seja necessário mudar procedimentos para melhorar a consistência de cores de um lote para o outro. No decorrer de ambas as fases dessa avaliação, pode-se utilizar instrumentos de medição de cores para avaliar como quaisquer mudanças realizadas aprimoram a eficiência do processo.

Apresentação da amostra

As amostras devem ser apresentadas uniformemente para o equipamento garantir qualidade e consistência. Idealmente, a amostra deve estar achatada e possuir cores e textura uniformes. A área da amostra que será observada pelo instrumento deve sempre ser cuidadosamente inspecionada. Fontes de variação incluem:

- **Impurezas na superfície da amostra. A superfície deve estar livre de qualquer contaminação. As amostras devem ser limpas de qualquer poeira, gordura ou filme. Manchas de digitais na superfície com frequência alteram as medições, em particular quando se trabalha com amostras brilhosas.**
- **Temperatura e umidade. O instrumento deve ser abrigado em um local que possua controle climático. Temperatura e umidade afetam com frequência a qualidade da medição. Alguns**



corantes e tinturas (em particular amarelo, laranja e vermelho) são termocromáticos. Essas amostras mudam de cor quando a temperatura de superfície muda. Ao medir essas amostras, a temperatura deve ser consistente. A umidade também influencia os resultados de medição, especialmente para amostras têxteis.

- Pressão, grossura, tensão, fatores mecânicos, entre outros. A apresentação precisa da amostra para medição de pós, como carbonato de cálcio, talco, entre outros, é particularmente importante. A umidade e a pressão possuem uma influência significativa na cor atingida quando esses materiais são comprimidos.

As seguintes recomendações auxiliarão no controle mais preciso das variáveis na preparação e apresentação de amostras:

- Adotar um método de preparação de amostra que seja repetível e reproduzível.
- Instituir um procedimento para a apresentação da amostra para o instrumento.
- Selecionar amostras representativas. Rejeitar amostras que são diferentes em termos de aparência física.
- Ao trabalhar com superfícies não uniformes, realizar diversos scans e gerar uma medição média. A maior parte dos instrumentos de medição pode ser facilmente configurada para realizar múltiplas medições de uma única amostra.
- Documentar um procedimento de controle de qualidade tanto para a preparação quanto para a apresentação da amostra. Esses procedimentos devem ser adotados e referenciados por todos na cadeia de fornecimento.

Comentários finais

Sistemas de avaliação de cores automatizados são amplamente utilizados para o design, a produção e a inspeção das cores de um produto. Esses sistemas baseiam-se nos princípios fundamentais da colorimetria. Contudo, como a percepção das cores é um fenômeno psicofísico, esses sistemas possuem algumas limitações práticas. A combinação olho/cérebro é muito superior a qualquer sistema computadorizado em relação ao processamento e interpretação de toda a informação que constitui a percepção de cores. Um colorista precisa entender as nuances da ciência e as limitações na aplicação da interface de instrumentos/máquinas na avaliação da aceitabilidade de cores.

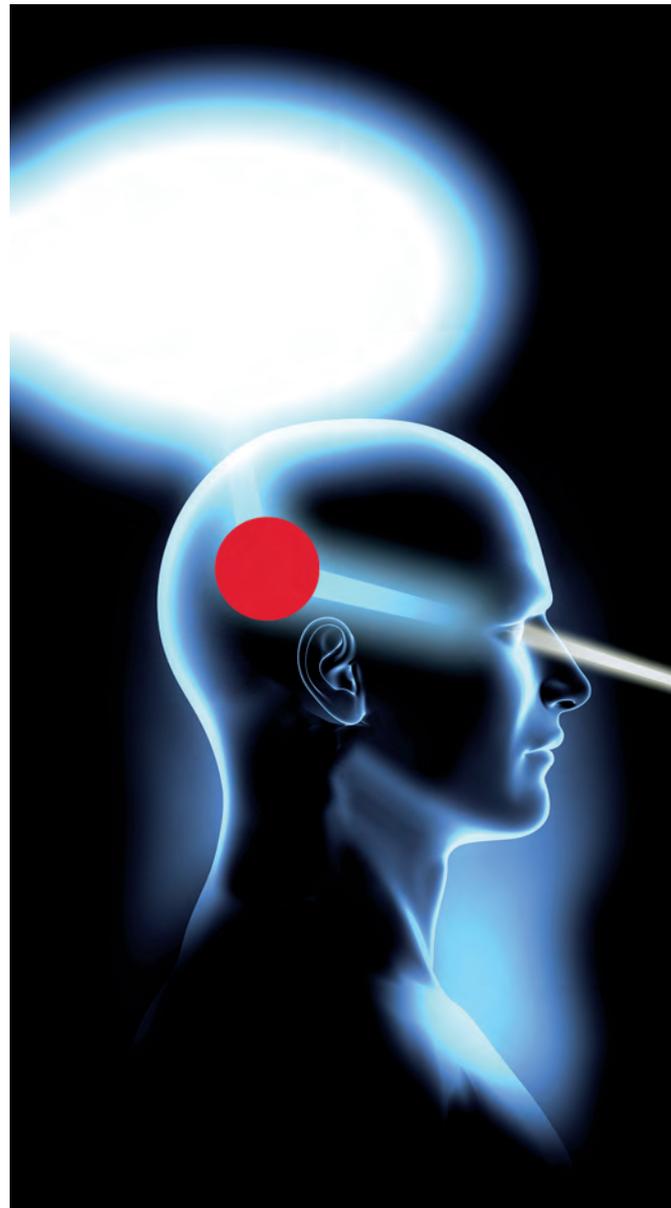
Para se ter sucesso com sistemas de controle de cores instrumentais, é necessário ter o controle preciso do processo de preparação e avaliação das amostras. O sucesso será limitado até que se padronize as ferramentas e métodos de processamento e medição.

- **Ferramentas.** Selecione cuidadosamente o hardware (instrumentos/sistema computadorizado), espaço de cores e sistemas de tolerância de cores a serem utilizados. Pode ser necessário fazer diferentes opções para diferentes produtos e/ou clientes.
- **Processamento.** É preciso ser específico sobre o tamanho da amostra, técnicas de composição, processamento e tratamento, além da manutenção do equipamento. O processo precisa ser reproduzível.
- **Medição.** A superfície da amostra deve ser uniforme e estar livre de contaminantes.

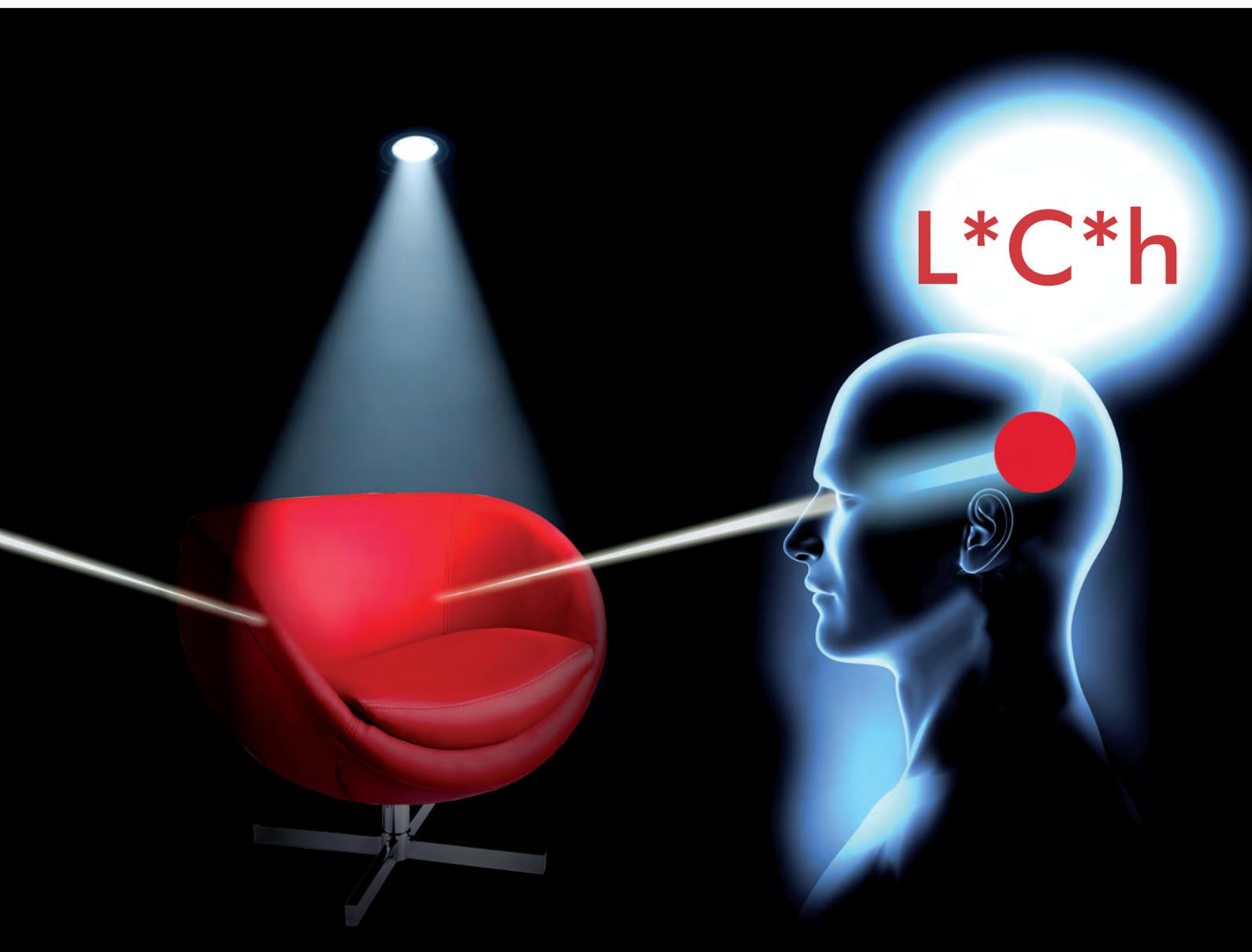
Uma vez estabelecidos esses padrões, eles devem ser usados consistentemente.

Por fim, também deve-se compreender as limitações dessa tecnologia. As máquinas podem medir e calcular, mas não são rivais para a capacidade da combinação olho/cérebro de avaliar uma cor. Mantenha estas instruções em mente quando estiver avaliando amostras coloridas quantitativamente:

- **Nunca pare de olhar para suas amostras.**
- **Se houver uma discrepância entre as avaliações numérica e visual, veja além do DE para tentar achar a resposta. Se olhar atentamente para os componentes da avaliação numérica, é possível encontrar a raiz da discrepância.**



- **Se for incapaz de sustentar a avaliação visual com a numérica, a visual prevalece. O usuário final não aceita ou rejeita um produto colorido baseando-se em um conjunto de números. Na análise final eles olham para as amostras para decidir se as aceitam.**



Embora a colorimetria tenha transformado a especificação, produção e avaliação de cores de uma arte para uma ciência, os coloristas de maior sucesso estão constantemente tentando compreender melhor as nuances dessa ciência e suas limitações de aplicação. Esperamos que este documento tenha proporcionado uma introdução útil para as ferramentas fundamentais da colorimetria e que tenha elucidado sobre a aplicação dessa tecnologia na avaliação de produtos coloridos.

*Medição de cores significa
comunicação*

Lista de referências

- Farbe sehen, Corinna Watschke, 01.2009 [www.planet-wissen.de],
- Farbmanagement in der Digitalfotografie (ISBN 3-8266-1645-6), 2006, Redline GmbH, Heidelberg
- Beschreibung und Ordnung von Farben, Farbmatrik, Farbmodelle, DMA Digital Media for Artists – Archiv 2006-2011, Kunstuniversität Linz, Gerhard Funk
- Messen – Kontrollieren – Rezeptieren, Dr. Ludwig Gall [www.farbmatrik-gall.de]
- Farbabstandsformeln, 2012, Fogra Forschungsgesellschaft Druck e.V. [www.fogra.org]
- Wikipedia, various articles about color and color measurement [<http://de.wikipedia.org/wiki/Farbe>]
- Various representations of color models and color spaces [http://www.chemie-schule.de/chemieWiki_120]
- Praktische Farbmessung, Anni Berger-Schunn, 2. überarbeitete Auflage, 1994, Muster-Schmidt Verlag, Göttingen – Zürich
- Farbabstandsformeln in der Praxis, SIP 01.2011
- Schläpfer, K.: Farbmatrik in der grafischen Industrie, 3. Aufl. St. Gallen; UGRA 2002 (Tabelle S. 48)

Dados de publicação

Editor:

Datacolor, Inc. 5 Princess Road, Lawrenceville, NJ 08648, USA

Telefone: 1-800-982-6497 | Fax: 609-895-7472 | marketing@datacolor.com | www.datacolor.com

Texto:

Gabriele Hiller, Hiller Direct Marketing, Stühren 41, 27211 Bassum, Alemanha

www.hiller-direct-marketing.de

Agosto 2019

© Copyright Datacolor. Todos os direitos reservados

datacolor

EUROPE

Datacolor AG Europe
6343 Rotkreuz
Telefone: +41 44.835.3800
Email: ecmarketing@datacolor.com

AMERICA

Datacolor Headquarters
Lawrenceville, NJ
Telefone: +1 609.924.2189
Email: marketing@datacolor.com

ASIA

Datacolor Asia Pacific Limited
Hong Kong
Telefone: +852 24208283
Email: asiamarketing@datacolor.com