



Universidade Nova de Lisboa

OMNIS CIVITAS CONTRA SE DIVISA NON STABIT

Faculdade de Ciências e Tecnologia

Caracterização de alterações cromáticas
sobre substrato pétreo:
medição de parâmetros de cor

Inês Lemos Cardoso

n.º 12283

Conservação e Restauro

de Bens Culturais II

Licenciatura em Conservação e Restauro

Monte da Caparica, Junho de 2004

Universidade Nova de Lisboa
Faculdade de Ciências e Tecnologia
Licenciatura em Conservação e Restauro

Caracterização de alterações cromáticas
sobre substrato pétreo:
medição de parâmetros de cor

Inês Lemos Cardoso
N.º 12283
Licenciatura em Conservação e Restauro
Conservação e Restauro de Bens Culturais II
8º Semestre
Ano lectivo 2003/04

Junho de 2004

Índice

Simbologia

5

Agradecimentos

6

Sumário

7

Capítulo 1 - Apresentação e contextualização do estudo
8

1.1. Introdução
8

1.2. Objectivos
8

1.3. Organização do trabalho
9

1.4. Locais de estudo e enquadramento
9

Capítulo 2 - Alterações cromáticas em substrato pétreo
11

Capítulo 3 - Métodos e materiais
13

3.1. Os locais de estudo
13

3.2. O questionário
13

3.3. As formas de decaimento associadas à alteração cromática
14

3.4. A descrição do material pétreo afectado
16

3.5. Os ensaios e a escolha dos locais para a sua realização
16

3.5.1.	O	teste	do	cotonete	16
<hr/>					
3.5.2.	Determinação	dos	parâmetros	colorimétricos	17
<hr/>					
3.6.	Registo			fotográfico	18
<hr/>					
Capitulo	4	-	Resultados	e	discussão
<hr/>					
4.1.	Alentejo:	escultura	tumular,	Museu	de Évora
<hr/>					
4.1.1.	Formas	de	decaimento	associadas	20
<hr/>					
4.1.2.	Descrição	da	alteração	cromática	20
<hr/>					
4.1.3.	O	teste	do	cotonete	22
<hr/>					
4.1.4.	Parâmetros	colorimétricos	das	áreas	de amostragem
<hr/>					
4.2.	Centro:	Igreja	de São João	de Almedina/MNMC,	Coimbra
<hr/>					
4.2.1.	Formas	de	decaimento	associadas	24
<hr/>					
4.2.2.	Descrição	da	alteração	cromática	24
<hr/>					
4.2.3.	O	teste	do	cotonete	24
<hr/>					
4.2.4.	Parâmetros	colorimétricos	das	áreas	de amostragem
<hr/>					
4.3.	Norte:	o	Claustro	da Sé	do Porto
<hr/>					
4.3.1.	Formas	de	decaimento	associadas	30
<hr/>					

4.3.2.	Descrição	da	alteração	cromática	31
4.3.3.	O	teste	do	cotonete	31
4.3.4.	Parâmetros	colorimétricos	das	áreas de amostragem	31
4.4.	Algarve:	Edifícios	da	Correnteza, Fortaleza de Sagres	35
4.4.1.	Formas	de	decaimento	associadas	36
4.4.2.	Descrição	da	alteração	cromática	36
4.4.3.	O	teste	do	cotonete	37
4.4.4.	Parâmetros	colorimétricos	das	áreas de amostragem	38
Capitulo 5	-	Conclusão	e	novas linhas de investigação	46
Bibliografia					48
Sitiografia					49
Apêndice					50
Anexo					52

Simbologia

IPPAR – Instituto Português do Património Arquitectónico

MNMC – Museu Nacional Machado de Castro

Dimensões expressas em comprimento × largura × altura

Agradecimentos

À Professora Doutora Filomena Macedo, que assegurou a disciplina de Conservação e Restauro II (pedra), no corrente ano lectivo;

À Catarina Alarcão, por ter iniciado o estudo que baseou este trabalho e pelo interesse na sua continuidade;

Ao Professor Delgado Rodrigues, pela atenção e indicações;

Ao Dr. Joaquim Oliveira Caetano, Director do Museu de Évora, por toda a atenção e disponibilidade que teve para comigo na primeira visita realizada para este trabalho, que, por ser a primeira, custou mais que todas, assim como a todos os que se encontravam no Museu, pela sua gentileza e apoio;

À Doutora Adília Alarcão, Directora do Museu Machado de Castro (Coimbra), Dr.^a Salette Trindade e ao Sr. Jorge pela disponibilidade e amabilidade;

À Arq.^a Maria Ângela Melo, IPPAR - Direcção Regional do Porto, pela prontidão na resposta, interesse, apoio e disponibilidade;

Ao Arq.^o Marco Andrade, IPPAR Faro, Dr.^a Ana Carvalho Dias e Dr.^a Conceição Barão pela disponibilidade e amabilidade com que me receberam.

Deixo o meu reconhecido agradecimento.

Sumário

A observação de uma coloração em algumas paredes da Igreja de S. João de Almedina (MNMC/Coimbra) por Catarina Alarcão foi o mote para um estudo de caracterização biológica e tentativa de eliminação. As visitas realizadas a alguns monumentos nacionais, ao longo da licenciatura permitiram ir ao encontro de colorações observadas sobre substrato pétreo. Este trabalho consiste em procurar alterações cromáticas que se assemelhem à estudada por Catarina Alarcão (Igreja de S. João de Almedina, MNMC, Coimbra), que se encontrem em monumentos portugueses, sobre substrato inorgânico (diferentes litótipos, materiais industriais) e iniciar a sua caracterização através da medição de parâmetros de cor. O entendimento das formas de decaimento dos materiais é crucial para determinar a sua origem e, conseqüentemente, proceder à sua eliminação.

Capítulo 1 - Apresentação e contextualização do estudo

1.1. Introdução

Os materiais pétreos são parte integrante do património cultural português e já não dispensam estudos cada vez mais rigorosos e fundamentados sobre a sua caracterização, formas de degradação e metodologias de conservação. Por isso, na disciplina de Conservação e Restauro II, inserida na Licenciatura em Conservação e Restauro e orientada pela Professora Filomena Macedo, surge a vontade de dar continuidade ao estudo de uma coloração rosa que ocorre sobre substrato pétreo, mais propriamente em algumas paredes da Igreja de S. João de Almedina (MNMC/Coimbra), desenvolvido por Catarina Alarcão. O propósito do presente trabalho reside em procurar alterações cromáticas que se assemelhem à estudada por Catarina Alarcão, que se encontrem distribuídas pelo território português, sobre substrato inorgânico (diferentes litótipos, materiais industriais) e iniciar a sua caracterização, nomeadamente, em termos macroscópicos e por medição de parâmetros de cor, com vista ao desenvolvimento futuro deste estudo.

1.2. Objectivos

O principal objectivo deste trabalho é procurar alterações cromáticas que, de algum modo, se assemelhem à estudada por Catarina Alarcão, que se encontrem em monumentos portugueses, sobre substrato inorgânico (diferentes litótipos, materiais

industriais) e iniciar a sua caracterização através de exame macroscópico e medição de parâmetros de cor. Para atingir este objectivo foi necessário:

- ☉ Contactar os Professores das disciplinas da área de pedra e pessoas integradas em instituições públicas que eventualmente tivessem observado/conhecimento desta coloração rosada/alterações cromáticas.
- ☉ Elaboração de um questionário, de tabelas e teste do cotonete com vista à preparação das visitas aos locais escolhidos.
- ☉ Deslocação aos locais com vista ao levantamento fotográfico, à determinação de parâmetros de cor, teste do cotonete e obtenção de informações que respondessem ao questionário e preenchimento das tabelas previamente elaborados.
- ☉ Tratamento informático dos dados obtidos; comparação dos resultados obtidos entre os diferentes litótipos e no estudo de Catarina Alarcão.
- ☉ Elaboração de um quadro-síntese.

1.3 Organização do trabalho

O trabalho está dividido em 5 capítulos; inclui ainda um glossário, a bibliografia consultada, sitiografia, apêndice e anexo; os registos fotográficos acompanham o corpo de texto. Neste primeiro capítulo, encontram-se a apresentação do estudo realizado, seus objectivos e identificação dos locais de estudo. No segundo capítulo apresenta-se uma breve consideração sobre as formas de decaimento em análise e sua relação com o estudo de Catarina Alarcão. No terceiro capítulo encontra-se a descrição dos materiais e métodos utilizados. O quarto capítulo é dividido em quatro secções coincidentes com as quatro visitas, ordenadas cronologicamente, no qual se apresentam os resultados obtidos e respectiva discussão. No quinto capítulo apresentam-se as conclusões e novas linhas de investigação.

1.4. Locais de estudo e enquadramento

Dado que no presente estudo se procuraram alterações cromáticas que, de algum modo, se assemelhem à estudada por Catarina Alarcão, na Igreja de S. João de Almedina (MNMC/Coimbra), necessário enumerar a sua ocorrência por Portugal continental e seleccionar um exemplar de cada litótipo (magmático, sedimentar e metamórfico). A divisão do território baseou-se nas direcções regionais do IPPAR, às

quais foram solicitadas informações de norte a sul de Portugal continental. Mediante as respostas obtidas, a norte, visitou-se o claustro da Sé do Porto; no centro, a actual Igreja de São João de Almedina, integrada no Museu Nacional Machado de Castro; no Alentejo, a escultura tumular presente no Museu de Évora e no Algarve, os Edifícios da Correnteza (de Exposições e Administração), da Fortaleza de Sagres. As informações da ocorrência no Porto e em Sagres foram obtidas através do contacto via e-mail para as Direcções Regionais Norte e Sul do IPPAR, respectivamente; as ocorrências em Coimbra e Évora encontram-se referenciadas no trabalho desenvolvido por Catarina Alarcão.

Segue-se a enumeração de outros locais que não foram estudados neste trabalho, mas onde é conhecida a ocorrência desta coloração:

Norte:

- ☉ Igreja de São Pedro de Rates (a confirmar),
- ☉ Mosteiro de São Martinho de Tibães (a confirmar),

Centro:

- ☉ Paredes em pedra calcária dos claustros da Igreja de Santa Cruz, Coimbra (ALARCÃO, 2004),
- ☉ Claustro do convento da Igreja de Santa Clara à Nova, Coimbra,
- ☉ Sobre reboco, nos anexos da Sé Nova, Coimbra,
- ☉ Paredes interiores e colunas, em pedra calcária do claustro da Igreja D. Dinis; átrio da sacristia manuelina, em pedra calcária, Mosteiro de Alcobaça (ALARCÃO, 2004),
- ☉ Superfícies calcárias do interior do Mosteiro da Batalha, nomeadamente nos pilares e nas nervuras de abóbadas da Capela do Fundador, na Igreja, no Claustro Real e em ambos os andares do Claustro de D. Afonso (ALARCÃO, 2004).

Capítulo 2 - Alterações cromáticas em substrato pétreo

Uma rocha pode ser considerada como um sistema químico que corresponde às condições de equilíbrio do ambiente em que se formaram as suas fases (minerais) constituintes (AIRES-BARROS, 2001). As suas características físico-químicas serão determinantes quanto ao seu desempenho em obra (factores intrínsecos).

Desde que é extraída da pedreira, a pedra é submetida a tensões; quando é colocada em obra, tende a se adaptar aos materiais vizinhos, aos quais se lhe acresce as condições do meio que os envolvem (factores extrínsecos). Todos estes factores – físicos, químicos e biológicos – promovem alterações nas rochas, isto é, admite-se que ocorrem perturbações no equilíbrio inicial da rocha (este tende a se modificar de modo a se formar um outro produto, agora em equilíbrio físico-químico com o novo meio).

Apesar de se distinguir fenómenos de alteração de natureza física, química e biológica, sabe-se que os seus efeitos se interrelacionam e proporcionam diferentes formas de decaimento enumeradas, por exemplo, na Normal 1/88 – *Lessico per la descrizione delle alterazioni e degradazioni macroscopiche dei materiali lapidei*. Destacam-se “alteração

cromática”, “pátina”, “pátina biológica” e “película” como as formas de decaimento que se poderão relacionar com o presente estudo. Define-se:

- ☉ *Alteração cromática* como a alteração que se manifesta através da variação de um ou mais parâmetros que definem a cor, com morfologia diversa e localização numa zona ampla ou localizada; (AIRES-BARROS, 2001; DIONÍSIO, 2002; RODRIGUES, _)

- ☉ *Pátina* como o aspecto da pedra após envelhecimento natural. Alteração limitada às modificações naturais das superfícies dos materiais, não atribuíveis a fenómenos de degradação e perceptíveis como uma variação de cor original da rocha (AIRES-BARROS, 2001; DIONÍSIO, 2002).
Alteração do aspecto visual por modificações incipientes das superfícies, mas sem degradação perceptível. A usar apenas quando não for possível atribuir os termos *crosta* ou *depósito superficial*. Pode assumir a forma de variações cromáticas em relação ao estado inicial e ser, por isso, útil como contributo para identificação de superfície de referência (RODRIGUES, _).

- ☉ *Pátine biológica* como uma camada homogénea, aderente à superfície pétreia, de natureza biológica e de coloração variável (verde na maioria dos casos). É constituída principalmente por microorganismos e, em menor quantidade, por pequenas partículas de poeiras (AIRES-BARROS, 2001; DIONÍSIO, 2002).

- ☉ *Película* como estrato superficial de substâncias coerentes e estranhas aos materiais pétreos subjacentes. Tem espessura diminuta e pode destacar-se do substrato que, em geral, se apresenta íntegro (AIRES-BARROS, 2001; DIONÍSIO, 2002).
Depósito superficial de pequena espessura e grande continuidade lateral, cuja interface com o substrato é claramente marcada (RODRIGUES, _).

As formas de decaimento enunciadas podem ter diversas origens; o presente trabalho é orientado pelo estudo desenvolvido por Catarina Alarcão que nos diz que a coloração

rosada detectada nas paredes interiores, em pedra calcária, da Igreja de S. João de Almedina, tem origem biológica tratando-se de uma pátina biológica (ALARCÃO, 2004). A partir das sugestões de novas linhas de investigação, pretende-se iniciar a caracterização de outras alterações cromáticas sobre substrato pétreo que se têm vindo a observar em vários monumentos e esculturas portuguesas. Esta caracterização inicial incide, essencialmente, na localização geográfica, no tipo de objecto, na natureza do material pétreo, nos resultados obtidos no teste do cotonete e na medição de parâmetros de cor.

Capítulo 3 - Métodos e materiais

A metodologia de abordagem à caracterização das alterações cromáticas divide-se em duas fases distintas: preparatória e *in situ*. A fase preparatória consiste na recolha de bibliografia, escolha dos locais a visitar, elaboração de um questionário, de quadros indicativos das formas de decaimento associadas à alteração cromática e sua caracterização. A fase *in situ* contempla as tarefas realizadas no local, tais como, preenchimento do questionário e quadros de caracterização da alteração, escolha das áreas para a realização dos ensaios, teste do cotonete, determinação dos parâmetros colorimétricos das áreas seleccionadas e registo fotográfico.

3.1. Os locais de estudo

No estudo de Catarina Alarcão mencionam-se diversos locais onde se observou ou se tem conhecimento da existência da coloração cromática sobre substrato pétreo. Reunidas essas informações com as obtidas junto de algumas delegações regionais do IPPAR, foi possível seleccionar três locais, onde se verificassem alterações cromáticas sobre diferentes litótipos, considerando, à partida, que se voltaria a fazer observações e medições da cor nas paredes interiores calcárias da Igreja de S. João de Almedina (MNMC/Coimbra). Escolheu-se o Claustro da Sé do Porto como um exemplar de rocha magmática (granito), os Edifícios da Correnteza como exemplar de rocha sedimentar (calcário) e a escultura tumular que se encontra no Museu de Évora como exemplar de rocha metamórfica (mármore).

3.2. Questionário

A partir do momento em que se escolheu os locais a visitar, elaborou-se um questionário cujas questões foram colocadas às pessoas que se encontravam nas Instituições ou que, de alguma maneira, tinham conhecimentos sobre a ocorrência da alteração.

Seguem-se as questões seleccionadas:

- ② *Qual a história recente do objecto alterado?*
- ② *Há quanto tempo se verificou o aparecimento da alteração?*
- ② *Qual tem sido o comportamento da alteração?*
- ② *Que medidas foram tomadas após o aparecimento da alteração?*
- ② *Quais os resultados da aplicação dessas medidas?*
- ② *Que pretende fazer a Instituição, num futuro próximo, em relação à alteração?*
- ② *Tem conhecimento de outros locais onde se verifique algo semelhante? Quais?*

Como é possível verificar, as questões colocadas pretendem estruturar o percurso do objecto alterado de modo a tentar encontrar um indicador responsável pela forma de decaimento em análise.

3.3. As formas de decaimento associadas à alteração cromática

Tal como nos diz Aires-Barros (2001), os factores intrínsecos associados aos extrínsecos acabam por perturbar o equilíbrio físico-químico da pedra, accionando mecanismos de alteração que geram *doenças* da pedra. As diferentes formas de decaimento podem ocorrer em associação, contribuindo para o agravamento umas das outras. Tendo em conta que o presente estudo se dedica essencialmente a alterações cromáticas, houve necessidade de registar a ocorrência de outras formas de decaimento, para a qual se realizaram observações macroscópicas, a olho nu.

Para cada um dos locais visitados procedeu-se ao preenchimento de um quadro onde se encontram enunciadas as principais formas de decaimento observáveis na pedra; o seu grau de intensidade caracterizou-se nos parâmetros: *fraco*, *médio* e *elevado* (Quadro 1). Ao longo da descrição dos casos de estudo, será apresentado um resumo das principais formas de decaimento observadas macroscopicamente.

Formas de decaimento	Grau de intensidade		
	Fraco	Médio	Elevado
Alveolização			
Colonização biológica			
Concreção			
Crosta			
Depósito superficial			
Desintegração granular			
Eflorescência			

Erosão (regressiva)			
Escamação			
Esfoliação			
Fissuração			
Fracturação			
Incrustação			
Juntas abertas			
Lacuna			
Lascagem			
Mancha			
Pátina			
Pátina biológica			
Película			
Picadura			
Placa			
Plaqueta			
Pulverização/Pulverolência			
Sujidade			
Vegetação			

Quadro 1. Quadro indicativo das principais formas de decaimento que possam estar associadas à alteração em estudo.

3.4. A descrição do material pétreo alterado

Para cada local visitado registaram-se informações características da situação do objecto afectado e da alteração propriamente dita. Essas informações consistiram na data em que se realizou a visita, localização geográfica, identificação do monumento, localização específica do objecto afectado dentro do monumento (recorrendo à planta do edifício ou orientação cardeal), identificação do substrato pétreo¹, dimensões aproximadas da área afectada, cor, regularidade, formato, espessura, grau de adesão e consistência.

3.5. Escolha das áreas para realização dos ensaios

De toda a extensão afectada, seleccionou-se uma região na qual se realizou o ensaio do cotonete e se mediram os parâmetros de cor. Os critérios de selecção consistiram na escolha de uma região de fácil acesso e, de preferência, onde a alteração tivesse uma cor mais intensa (mediante observação macroscópica, a olho nu). Por exigência dos cálculos inerentes à técnica de medição dos parâmetros colorimétricos, seleccionou-se uma área aparentemente não alterada (“branco”), o mais próxima possível da alterada, com vista à determinação do valor ΔE^* .

3.5.1. O teste do cotonete

Os parâmetros de caracterização *grau de adesão*, *consistência* indicados em 3.4. exigiram um teste auxiliar, o qual se denominou por *Teste do cotonete*. Este ensaio, que já tinha sido utilizado por Catarina Alarcão, consiste em fazer passar um cotonete seco e limpo pela superfície da pedra em que se observa a alteração cromática com vista a obter uma indicação qualitativa do seu grau de adesão e consistência.

¹ A identificação do substrato pétreo é meramente indicativa, não tendo sido realizada caracterização mineralógica e petrográfica rigorosas, nem identificação da sua proveniência.

3.5.2. Determinação dos parâmetros colorimétricos das áreas seleccionadas

Após seleccionadas as regiões alterada e não alterada, procedeu-se à recolha de sete medições consecutivas, individuais e aleatórias sobre a superfície da pedra¹. Neste ensaio não destrutivo utilizou-se um colorímetro *Datacolor Internacional Microflash* (versão 4,0), com o iluminante D65 (reproduz a luz de dia). O ângulo de observação é de 10° e a área de medição é cerca de 8 mm. As coordenadas cromáticas referem-se ao Sistema CIELab² através dos parâmetros L^* , a^* , b^* , que se encontram integrados num diagrama tridimensional que mostra a cor do material. L^* varia de 0 a 100, em que o valor 0 indica o preto e o valor 100, o branco; o valor a^* varia do vermelho ($+a^*$),

localizado a 0°, ao verde (-a*), que está a 180° (na ausência dos componentes amarelo ou azul); o valor b*, na ausência dos componentes verde ou vermelho, varia do amarelo (+b*), e azul (-b*), que estão a 90° e 270° respectivamente³. Pretende-se determinar a intensidade ou saturação de cor, e é definido pela distância do ponto (L*, a*, b*) ao centro do diagrama tridimensional. (Figura 1)

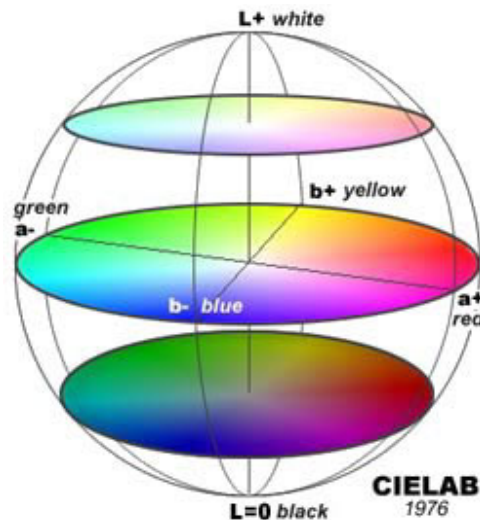


Figura 1. Sistema de coordenadas CIE Lab [1].

¹ Os valores recolhidos em cada um dos locais visitados encontram-se em Apêndice, na pg. 50.

² CIE são as iniciais de *Commission International de l'Eclairage*; Lab são as iniciais dos parâmetros L*, a* e b*. (JOHNSTON-FELLER, 2001).

³ Num diagrama de 3 eixos coordenados, o eixo dos zz corresponde ao parâmetro L*, o eixo yy ao parâmetro a* e o eixo xx ao parâmetro b*. L* ≈ 100 representa branco a claro, L* ≈ 0 representa cor escura a preta; o ângulo 0° representa vermelho puro, o de 90° representa o amarelo puro, o de 180° o verde puro e o de 270° o azul puro.

Este sistema permite efectuar a comparação entre diferentes amostras, (considerando um padrão, o “branco”), em termos de ΔL^* , Δa^* e Δb^* (ΔL^* representa a diferença de luminosidade-escurecimento¹, Δa^* a variação de vermelho-verde² e Δb^* de amarelo-azul³). A diferença total de cor⁴, ΔE^* , deve ser calculada através da seguinte equação:

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

Trata-se de uma das duas equações de diferença de cor, recomendada pelo CIE, de fácil utilização e que fornece o resultado de diferença de cor mais correcto (JOHNSTON-FELLER, 2001; AIRES-BARROS, 2002) [2].

A designação do local alterado segue o seguinte esquema:

Inicial da região em estudo. Numero 1. Numero 1 a n ,
de acordo com a quantidade de áreas alteradas em que se efectuaram medições.

A designação do local sem alteração aparente segue o seguinte esquema:

Inicial da região em estudo. Numero 0.

O tratamento informático dos dados recolhidos no ensaio colorimétrico realizou-se no programa Excel.

3.6. Registo fotográfico

Em todas as deslocações se procedeu ao registo fotográfico dos objectos afectados. Para tal, nas visitas a Évora e Coimbra recorreu-se a uma máquina fotográfica digital *Leica Digilux 1*; no Porto e Sagres, a uma máquina fotográfica manual Canon EOS300 e objectiva Canon 28-90 mm; utilizou-se uma escala de cor *Kodac Color Separation Guide and Gray Scale (small)*, cat 152 7654, Q-13.

¹ Se $\Delta L^* > 0$ → a amostra tornou-se mais luminosa; se $\Delta L^* < 0$ → a amostra escureceu.

² Se $\Delta a^* > 0$ → a amostra tornou-se mais vermelha; se $\Delta a^* < 0$ → a amostra tornou-se mais verde.

³ Se $\Delta b^* > 0$ → a amostra tornou-se mais amarela; se $\Delta b^* < 0$ → a amostra tornou-se mais azul.

⁴ Se $0,0 < \Delta E^* < 0,2$ → a variação total de cor não é visível ao olho humano; se $0,1 < \Delta E^* < 1,0$ → a variação total de cor é muito pouco visível; se $1,0 < \Delta E^* < 3,0$ → a variação total de cor é pouco visível; se $3,0 < \Delta E^* < 6,0$ → a variação total de cor é moderadamente visível; se $\Delta E^* > 6,0$ → a variação total de cor é muito visível.