

CONTRIBUIÇÃO PARA O ESTUDO CROMÁTICO
DAS ROCHAS DA CAPELA
DO PALÁCIO DA BEMPOSTA

P. Figueiredo^{1,2}

*C. Figueiredo*²

*L. Aires-Barros*²

*A. Flambó*³

RESUMO

Neste artigo referem-se os resultados e as conclusões obtidas no âmbito do estudo cromático das rochas da Capela do Palácio da Bemposta. Foram determinadas as características colorimétricas das pedras calcárias utilizadas no pavimento da Capela da Bemposta, assim como os efeitos (impacto visual) sobre as suas cores originais induzidos, quer pelo envelhecimento natural, quer pelos produtos de limpeza/manutenção utilizados ao longo dos anos sobre as respectivas superfícies expostas. A análise colorimétrica quantitativa foi efectuada utilizando medidas de reflectância e as correspondentes coordenadas colorimétricas: luminosidade (L^*), coordenadas de cromaticidade (a^* , b^*), variação da cor total (ΔE^*), croma (C^*) ou saturação definidas no espaço de cor CIELAB (1976). Utilizou-se, neste estudo, o espectrofotómetro da Minolta, modelo CM-508i (fig. 4) disponível no Centro de Petrologia e Geoquímica do Instituto Superior Técnico (CEPGIST).

O Palácio da Bemposta é uma construção nobre do final do Séc. XVII (1694). A sua Capela surge, nos finais do séc. XVIII, como resultado da reconstrução da Capela de Nossa Senhora da Conceição destruída pelo terramoto de 1755 e que fazia parte do então Paço da Bemposta ou Paço da Rainha. Em 1851, o Palácio

¹ Centro de Investigação da Academia Militar, Lisboa, Portugal. Docente na Academia Militar das disciplinas de Mineralogia e Geologia e Geologia de Engenharia ;

² Centro de Petrologia e Geoquímica do IST, Lisboa, Portugal.

³ Centro de Investigação da Academia Militar.

da Bemposta foi cedido para a Escola do Exército, actual Academia Militar. No entanto, a Capela do referido Palácio ficou excluída de tal concessão até 1910, data em que o Ministério da Justiça entrega ao Comandante da Escola do Exército não só a Capela como a Torre da Bemposta. Na Capela da Bemposta foram utilizados diversos calcários de idade jurássico-cretácica e cores variadas (branca, rosa, negra, cinzenta-azulada, etc.), de que sobressaem o lioz, o “encarnadão”, o “negro” de Mem Martins e, ainda, o “azul” de Sintra. Estes calcários têm também sido usados desde há largos séculos na edificação de vários monumentos nacionais (Mosteiro dos Jerónimos, Basílica da Estrela, Sé de Lisboa, etc.).

Os resultados obtidos permitiram verificar que o lioz é a variedade petrográfica que apresenta valores médios mais elevados de luminosidade ($L^* \approx 61$ %), encontrando-se no outro extremo o “negro” de Mem Martins com valores médios de L^* próximos de 37 %; que as cores exibidas pelas rochas estudadas se encontram marcadamente influenciadas pelas componentes vermelha e amarela, com os valores médios de a^* variando entre -0,14 (“azul” de Sintra) e 9,57 (“encarnadão”) e os de b^* , variando entre 1,73 (“negro” de Mem Martins) e 15,45 (lioiz); que as variações cromáticas sofridas por estas rochas, quando expostas no pavimento da Capela, se traduzem essencialmente no amarelecimento do lioz ($b^* > 0$ e $\Delta b^* > 0$) e na perda de luminosidade ($\Delta L^* < 0$) para a maioria das variedades estudadas, i.e., com excepção do “negro” de Mem Martins que exhibe um aspecto esbranquiçado (ganho de luminosidade, $\Delta L^* > 0$); que as variações cromáticas em termos de cor total (ΔE^* mínimo $\geq 3,57$) serão perceptíveis através de simples inspecção visual por indivíduos experientes; que o lioz (ΔE^* médio $\approx 17,38$) e o “negro” de Mem Martins (ΔE^* médio $\approx 3,57$) foram, de entre as rochas estudadas, as variedades petrográficas que experimentaram, respectivamente, a maior e menor variação total de cor (ΔE^*), após exposição no pavimento da Capela da Bemposta; finalmente, que não se verificaram, ao longo do tempo de análise, variações perceptíveis a olho nú e mensuráveis nas características cromáticas das pedras implantadas no pavimento da Capela da Bemposta.

1. INTRODUÇÃO

O Palácio da Bemposta é uma construção nobre do final do Séc. XVII (1694). A sua Capela (fig. 1) surge, nos finais do séc. XVIII, como resultado da reconstrução da Capela de Nossa Senhora da Conceição destruída pelo terramoto de 1755 e que fazia parte do então Paço da Bemposta ou Paço da Rainha. Em

1851, o Palácio da Bemposta foi cedido para a Escola do Exército, actual Academia Militar. No entanto, a Capela do referido Palácio ficou excluída de tal concessão até 1910, data em que o Ministério da Justiça entrega ao Comandante da Escola do Exército não só a Capela como a Torre da Bemposta.

Na Capela da Bemposta, para além do mármore de Carrara, foram utilizados diversos calcários de idade jurássico-cretácica e cores variadas (branca, rosa, negra, cinzenta-azulada, etc.) de que sobressaem o lioz, o “encarnadão”, o “negro” de Mem Martins e, ainda, o “azul” de Sintra. Estes calcários têm sido usados desde há largos séculos na edificação de monumentos. A pedra natural tem tido uma influência profunda na nossa cultura, quer como material de construção, quer como material para trabalhos de arte. Esculturas e edifícios foram e são feitos e construídos em pedra natural. É de



Figura 1 – *Fachada principal da Capela da Bemposta.*

salientar, por exemplo, que no século XII, o lioz foi utilizado na construção de um templo mandado edificar por D. Afonso Henriques no local da Igreja de Santos o Velho. Posteriormente, muitos outros monumentos históricos foram edificados com o recurso a estas rochas, de que se salienta pela sua grandiosidade, o Mosteiro dos Jerónimos, a Basílica da Estrela e o Convento de Mafra. Como exemplos mais recentes, estas pedras podem, ainda, ser encontradas em modernos edifícios, como sejam o Centro Cultural de Belém e o edifício sede da Caixa Geral de Depósitos, em decoração de interiores e exteriores.

Nas construções de pedra, para além da imagem arquitectónica que o jogo de volumes transmite, as cores e as texturas das superfícies pétreas assumem um significado muito relevante no conteúdo estético da obra construída. Não é novidade para ninguém que os materiais rochosos são coloridos. Estes têm muitas e variadas cores. Algumas designações (comerciais ou não) de pedras de renome usadas desde a mais remota antiguidade, são a viva demonstração

da importância da cor nas construções arquitectónicas e nas obras de arte. Nomes como “amarelo de Negrais”, “encarnadão”, “azul de Sintra”, “rosso antigo”, “verde antigo”, “bianco de Carrarra”, etc., são disso ilustração. Se a cor, em alguns casos, pode ter entrado em cena apenas como consequência inevitável do facto de o material escolhido ter a cor como característica da sua essência (“dominante”), em muitos outros o seu uso correspondeu a uma procura deliberada e, portanto, assume redobrado significado no conjunto dos valores estéticos e artísticos da obra em causa. Estas afirmações parecem óbvias quando se trata de materiais cuja função na obra seja de natureza essencial ou predominantemente decorativa, mas não há dúvida que ao projectar uma obra, o arquitecto define que material usar e qual o acabamento que pretende, pelo que “aquele” material e “aquele” acabamento são indissociáveis de uma dada “cor” que foi pretendida para a construção.

A cor é uma característica física dos materiais que apresenta particular interesse nas pedras naturais, tornando-as mais ou menos apreciadas e influenciando de maneira decisiva o seu valor estético e comercial. Deste modo, na caracterização dos materiais pétreos é importante levar a cabo a sua determinação.

A caracterização dos calcários da Capela da Bemposta, quanto à cor, por vezes policroma, não tem unicamente importância sob o ponto de vista decorativo. A pigmentação, a par da maior ou menor frequência de estilólitos de carga, é critério essencial na distinção entre cada uma das variedades, todas com abundantes fósseis de rudistas, localmente denominadas lioz, “encarnadão”, amarelo de Negrais. Por outro lado, desde o instante da sua extracção ou do seu aparelhamento, a pedra entra num caminho de sucessivas transformações que podem afectar a sua cor e textura. Nalguns casos serão transformações muito lentas, mas noutros pode tratar-se de evoluções relativamente rápidas. Certas transformações dão-se a nível da sua composição química e mineralógica, mas noutras afectam apenas a sua aparência. A poluição urbana, por exemplo, tem como primeira e visível consequência, o apagamento dos coloridos das nossas construções e a sua transformação em paisagens a “preto e branco”. A conservação das superfícies pétreas implica, também, uma mais ou menos profunda interacção com as superfícies e, como vimos, com a sede das cores e texturas. É da combinação da diversidade original com as variantes da evolução que resulta o mundo policromático que nos rodeia.

A cor das pedras, em particular daquelas expostas em obra, pode variar com o tempo em consequência da sua exposição à intempérie, em particular à

acção das águas da chuva, da poluição atmosférica e da exposição à luz. Deste modo, a cor pode ser utilizada como indicador do grau de alteração da pedra e, por vezes, do nível de poluição do ambiente. Para além disso, os tratamentos de conservação aplicados às pedras podem, também, provocar variações de cor, pelo que a determinação das suas diferenças é também de grande interesse na avaliação da adequação dos produtos e dos métodos de tratamento.

A análise colorimétrica aqui efectuada visa, por um lado, a especificação da variedade cromática patenteada pelas rochas utilizadas na Capela da Bemposta e, por outro, acompanhar a sua variação devido ao envelhecimento natural e/ou artificial desses materiais pétreos, promovido pela envolvente ambiental após muitos anos de exposição.

2. ANÁLISE CROMÁTICA DAS ROCHAS EM ESTUDO

A coloração das pedras naturais é um fenómeno complexo, onde o próprio granulado da rocha pode ter importância, na medida em que os sedimentos finos tendem para cores escuras (Soares, 1966; Chilingar et al., 1967) e cores mais homogéneas (Esbert et al., 1997). A cor das rochas depende, pois, das suas características petrográficas, isto é, da sua composição química e mineralógica, textura e estrutura. Acresce que a cor, característica física dos materiais, é um conceito complexo, já que depende da percepção do observador, da fonte de iluminação, das características do objecto e do meio em que as radiações luminosas podem ser absorvidas, filtradas, reflectidas, refractadas ou interferir entre si. Deste modo, dois factores a controlar aquando da determinação da cor das pedras naturais, são as variações de iluminação e de humidade a que estas podem estar sujeitas (Esbert et al., 1997). Uma outra característica importante a reter e que, também, tem influência sobre a cor exibida pela rocha, é o tipo de acabamento das superfícies das pedras naturais.

A cor pode ser descrita de forma qualitativa (“azul” de Sintra, “amarelo” de Negrais, “encarnadão”, por exemplo) a partir da observação/apreciação visual, em geral, subjectiva; de forma semiquantitativa, a partir de uma expressão alfanumérica obtida por comparação com padrões visuais (cartas de cores) (N6 – ‘medium light gray’ (“azul” de Sintra) –; 10 YR 7/6 – entre o ‘pale/dark yellowish orange’ (amarelo de Negrais) –; 5R 5,5/4 – muito próximo do ‘moderate red’ (“encarnadão”) – , segundo as designações de Munsell e em conformidade com o ‘Rock – Color Chart’ da ‘Geological society of America, 1963, por

exemplo (Figueiredo, 1999); e, ainda, de forma quantitativa mediante parâmetros numéricos obtidos com recurso a técnicas instrumentais (colorímetros e espectrofotômetros).

Assim, na colorimetria quantitativa, a especificação de uma dada cor é feita com base na sua luminosidade, que varia numa escala relativa entre o branco e negro, e na proporção das três cores ou estímulos primários (vermelho, verde e “azul”) que a compõem. Os dados assim obtidos podem ser utilizados no cálculo de diferentes parâmetros que permitem a preparação de diferentes diagramas. O mais utilizado é o sistema colorimétrico tridimensional, $L^* a^* b^*$, em que se tem um sólido de cor em forma de elipsóide, correspondendo o eixo maior ao parâmetro L^* (figura 2). Neste diagrama, o cromatismo é uniforme, isto é, permite detectar diferenças de cor com a mesma sensibilidade em toda a gama de tons e os respectivos parâmetros colorimétricos (L^* , a^* e b^*) têm o seguinte significado:

- L^* , representa a luminosidade/claridade (eixo vertical do espaço $L^*a^*b^*$) e assume valores entre o 0 % (“negro”) e 100 % (branco);
- a^* e b^* , definem conjuntamente o diagrama de cromaticidade e relacionam-se com o tom e a croma (saturação), podendo considerar-se como os dois eixos principais de cor, ortogonais entre si, do espaço $L^*a^*b^*$. O parâmetro a^* (componentes verde-vermelho) varia entre -60 (verde) e $+60$ (vermelho) e o parâmetro b^* (componentes azul-amarelo) varia entre -60 (azul) e $+60$ (amarelo).

O conjunto destas variáveis compõe o espaço colorimétrico esquematizado na figura 2. O plano (a^* , b^*) permite obter o parâmetro Croma (C) ou saturação (S).

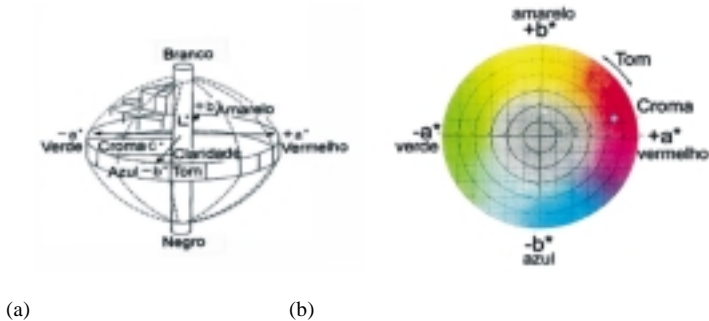


Figura 2 – Sistema de cor $L^*a^*b^*$: (a) esquema do sólido de cor; (b) projecção sobre o plano equatorial (diagrama de cromaticidade a^*b^*). Adaptado de Esbert et al. (1997).

Para a caracterização colorimétrica das superfícies das amostras aplicadas no pavimento da Capela da Bemposta e dos respectivos padrões foi, então, adoptado o sistema de referência CIE (Commission Internationale d'Éclairage) 1931 no cálculo das coordenadas colorimétricas L^* a^* b^* do espaço cromático uniforme CIE 1976 (CIELAB). Com base nesses parâmetros, foram ainda calculados a variação total de cor $(\Delta E)^*$, a cromia $(C)^*$ e a variação de cromia $(\Delta C)^*$, de acordo com as equações seguintes:

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

em que: $\Delta L^* = L^*_{amostra} - L^*_{padrão}$, variação da luminosidade;

$\Delta a^* = a^*_{amostra} - a^*_{padrão}$, variação da cromaticidade ao longo do eixo verde-vermelho;

$\Delta b^* = b^*_{amostra} - b^*_{padrão}$, variação da cromaticidade ao longo do eixo azul-amarelo;

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2}; \text{ e}$$

$$\Delta C^* = C^*_{amostra} - C^*_{padrão}$$

Como padrões foram utilizadas amostras cilíndricas (fig. 3), com cerca de 45 mm de diâmetro e 8 mm de altura, possuindo características petrográficas, petrofísicas e de acabamento semelhantes às das amostras aplicadas no pavimento da Capela da Bemposta e que foram preparados a partir de amostras sãs, coligidas recentemente em pedreiras de onde são exploradas cada uma das variedades litológicas estudadas.

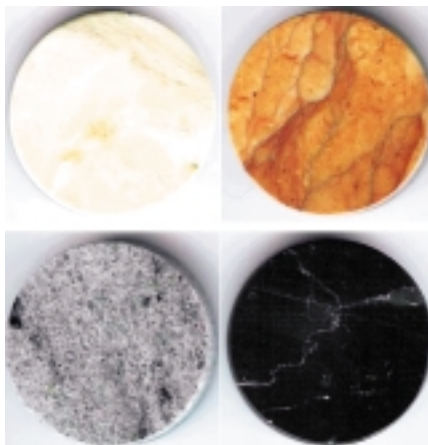


Figura 3 – Padrões preparados a partir de amostras sãs coligidas em actuais pedreiras das variedades cromáticas e litológicas presentes no pavimento da Capela da Bemposta.

A análise colorimétrica foi realizada com o espectrofotômetro da Minolta, modelo CM-508i (fig. 4), disponível no Centro de Petrologia e Geoquímica do Instituto Superior Técnico (CEPGIST), que possui um sistema de iluminação difusa e um ângulo de observação de 8° definido relativamente à normal da amostra. Os espectrofotômetros são aparelhos que medem a diferença de energia radiante entre cada comprimento de onda incidente e o comprimento de onda reflectido por um dado objecto. O mecanismo de medição é simples. Uma vez obtidos os valores de reflectância das amostras, o equipamento fornece, por exemplo, as coordenadas cromáticas L^* , a^* e b^* (Durán et al., 1995) Isto é, as curvas espectrais de reflectâncias de cada medição permitem o cálculo dos três parâmetros do sistema LAB (os três eixos L^* , a^* e b^*), como proposto pela

CIE. Este equipamento permite predefinir o tipo de observador e iluminante a usar, tendo sido usado o observador normalizado CIE 2° e o iluminante normalizado D65, que melhor reproduz as condições médias de iluminação diurna. A determinação de cada um dos parâmetros colorimétricos L^* a^* b^* foi obtida através da média de oito leituras consecutivas, efectuadas sobre áreas de aproximadamente 8 mm de diâmetro, sendo que em cada “provet” se efectuaram, em média e de forma aleatória cinco determinações dos parâmetros colorimétricos.



Figura 4 - Espectrofotômetro da Minolta, modelo CM-508i existente no CEPGIST.

3. RESULTADOS: ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO

Na tabela 1 apresentam-se os valores médios das coordenadas colorimétricas obtidos para as rochas utilizadas no pavimento da Capela da Bemposta e respectivos padrões, de acordo com as condições experimentais (i.e. ambientais e instrumentais) e os parâmetros previamente definidos.

Tabela 1 – Valores médios das coordenadas colorimétricas dos padrões e das rochas

	Padrões				Rochas			
	Parâmetros Colorimétricos							
	L*	a*	b*	C*	L*	a*	b*	C*
Lioz (lz)	74,45	0,65	9,93	9,95	61,17	3,09	15,45	15,75
Encarnadão (ec)	56,07	15,76	21,27	26,47	52,43	9,57	13,11	16,23
Negro Mem Martins (nM)	34,20	0,57	1,58	1,67	37,74	0,17	1,73	1,73
Azul Sintra (aS)	55,13	-0,41	0,96	1,07	49,75	-0,14	3,09	3,09

a. Caracterização cromática das rochas estudadas

As amostras apresentam características cromáticas muito distintas, aliás como seria de esperar pela simples análise qualitativa ou semi-quantitativa das respectivas cores. Segundo Iñigo et al. (2000), para que duas cores sejam iguais as suas coordenadas colorimétricas (L^* , a^* , b^*) devem também ser iguais. Isto é, neste espaço colorimétrico, cada cor é representada por um único ponto.

Atendendo aos valores das respectivas luminosidades/claridades (L^*) (vide tabela 1 e figura 5), as amostras estudadas podem ser classificadas em três grupos com valores de L^* marcadamente distintos: o grupo II^* constituído apenas pela amostra de lioz (lz) com um valor médio de $L^* \approx 61\%$; o grupo III^* envolvendo as amostras do “encarnadão” (ec) e “azul” de Sintra (aS), com valores médios de $L^* \approx 50\%$; finalmente, o terceiro grupo (III^*) constituído apenas pela amostra do “negro” de Mem Martins (nM) com um valor médio de $L^* \approx 37\%$. Pode pois, ver-se que, de uma maneira geral, a

luminosidade (L^*) decresce do lioz ($L^* \approx 61\%$) ao “negro” de Mem Martins ($\approx 37\%$), não obstante não ser clara a diferença entre o “encarnadão” e o “azul” de Sintra ($\approx 50\%$).

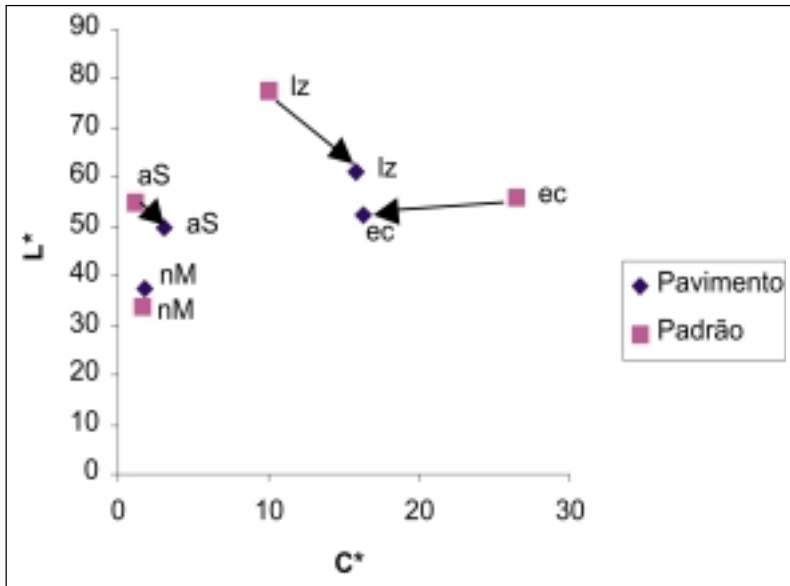


Figura 5 – Representação da posição das rochas (lz – lioz; ec – “encarnadão”; aS – “azul” Sintra; nM – “negro” Mem Martins) do pavimento da Capela da Bemposta e dos padrões no plano cromático (L^* , C^*).

Com base nos valores de cromia (C^*), apenas dois grupos de amostras apresentam valores claramente distintos: grupo IC*, constituído respectivamente pelas amostras de lioz (lz) e “encarnadão” (ec) com valores de cromaticidade muito próximos e iguais a $\approx 16,0$; e o grupo IIC*, cujos elementos (“azul” de Sintra (aS) e “negro” de Mem Martins (nM)) apresentam os mais baixos valores de C^* (respectivamente, $C^* \approx 3,0$ e $C^* \approx 2,0$) determinados para o conjunto das amostras estudadas. Isto é, embora as amostras se distingam essencialmente pela sua luminosidade, estas podem, no entanto, sob o ponto de vista da sua cromaticidade, ser classificadas em dois grandes grupos cujos elementos apresentam valores de cromia muito próximos. O grau de saturação (cromia) decresce, pois, do “encarnadão” ($C^* \approx 16,0$) ao “negro” de Mem Martins ($C^* \approx 2,0$).

Com exceção do “azul” de Sintra (aS) e do “negro” de Mem Martins (nM), as cores do lioz (lz) e do “encarnadão” (ec) aparecem marcadamente influenciadas pelas componentes amarela (lioiz, $b^* = 15,45$) e amarela e vermelha (“encarnadão”, $b^* = 13,11$ e $a^* = 9,57$), mas com diferentes graus de saturação (fig. 6). Os valores médios da coordenada de cromaticidade a^* variam, pois, de aproximadamente igual a zero (“negro” de Mem Martins e “azul” de Sintra) para valores crescentes da componente vermelha (“encarnadão”); enquanto os valores médios de b^* indicam uma tendência para valores crescentes da componente amarela (lioiz > “encarnadão”). As diferenças de croma exibidas pelas amostras estudadas explicam-se, sobretudo, pelas variações na componente b^* (maiores valores de R^2 , fig. 7), quer se analisem os padrões, quer se analisem as pedras aplicadas no pavimento da Capela da Bemposta.

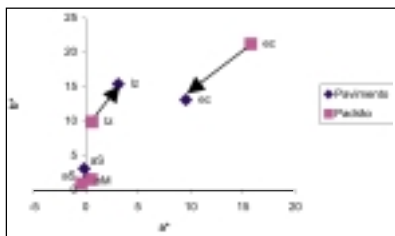


Figura 6 – Representação das coordenadas colorimétricas das amostras estudadas (pavimento e padrões) no diagrama de cromaticidade (a^* , b^*).

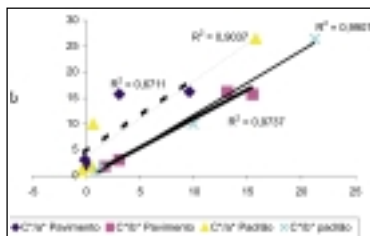


Figura 7 – Diagrama das correlações entre a croma (C^*) e as coordenadas de cromaticidade (a^* , b^*), para as amostras estudadas (pavimento e padrões).

b. Análise das variações cromáticas induzidas nas pedras da capela pela envolvente ambiental

Após vários anos de exposição no pavimento da igreja da Bemposta, as rochas estudadas experimentaram diferentes variações das respectivas coordenadas colorimétricas. As amostras de lioz (lz) e azul de Sintra (aS) experimentaram, simultaneamente, variações importantes nas respectivas luminosidade e cromaticidade médias (vide figura 5); a amostra de “encarnadão” (ec) sofreu, sobretudo, variações de croma e, finalmente, a

amostra de “negro” de Mem Martins (nM) manteve-se praticamente inalterada ao longo destes anos de exposição no pavimento da Capela da Bemposta (vide figura 5) . Para esta rocha deve-se, contudo, sublinhar-se um ligeiro aumento de luminosidade/claridade com manutenção do respectivo grau de saturação (vide figuras 5 e 6).

Em termos de variação total de cor (ΔE^*) (fig. 8), esta foi menor ($\Delta E^* \approx 3,57$) para o “negro” de Mem Martins e maior ($\Delta E^* \approx 17,38$) para o lioz, podendo, todavia, as amostras estudadas serem seriadas por ordem decrescente desse parâmetro como se segue: lioz > “encarnadão” > “azul” de Sintra > “negro” de Mem Martins.

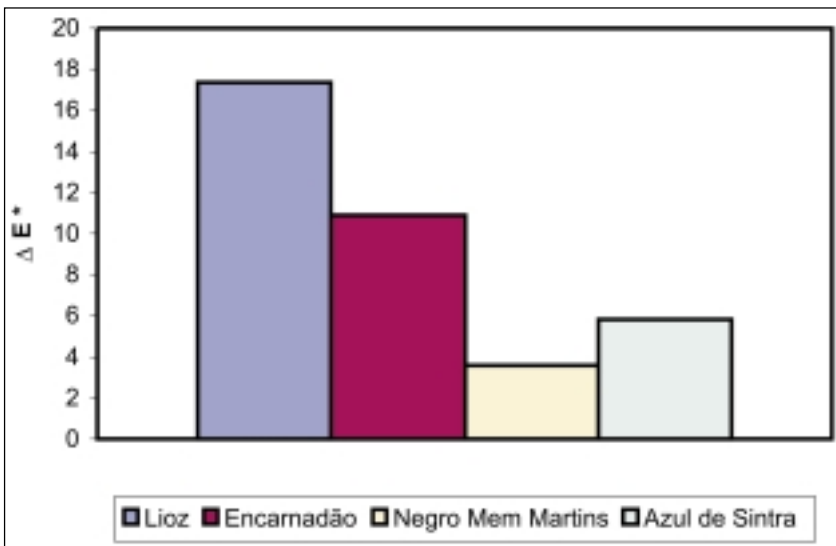
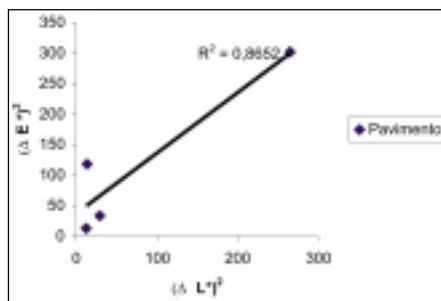
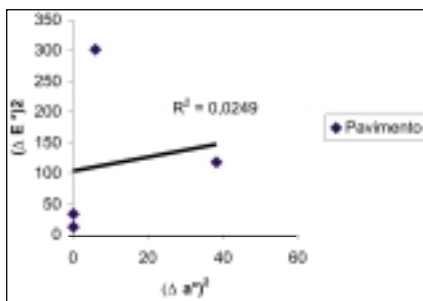


Figura 8 – Variação da cor total (ΔE^*) promovida pela exposição das rochas calcárias estudadas no pavimento da Capela da Bemposta.

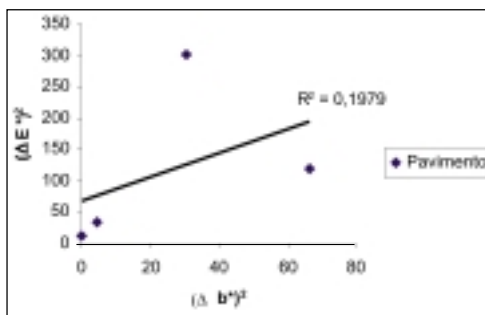
As variações na cor total (ΔE^*) devem-se, sobretudo, à variação na luminosidade média (ΔL^* médio, maior valor de R^2) das amostras aplicadas no pavimento da Capela da Bemposta (vide figura 9).



(a)



(b)



(c)

Figura 9 – Diagramas de correlação entre a variação de cor total (ΔE^*) e as variações nas diferentes coordenadas colorimétricas (L^* , a^* e b^*): (a) ΔE^* versus ΔL^* ; (b) ΔE^* versus Δa^* ; (c) ΔE^* versus Δb^* .

Com exceção do “negro” de Mem Martins em que ΔL^* médio é maior que zero (fig. 10), para as restantes amostras as variações na luminosidade média traduzem-se essencialmente em escurecimento ou perda de brilho (ΔL^* médio < 0) das respectivas superfícies. As maiores variações na luminosidade média foram observadas para o lioz (ΔL^* médio $\approx -16,28$, aproximadamente igual a 21 % da respectiva luminosidade média inicial) e para o “azul” de Sintra (ΔL^* médio $\approx -5,38$, aproximadamente igual a 10 % da respectiva luminosidade média inicial).

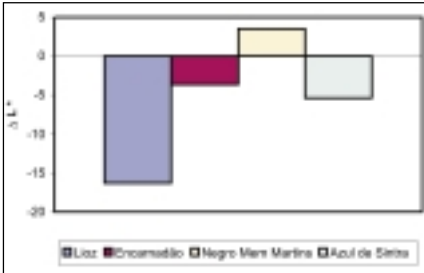


Figura 10 - Variação na luminosidade média (ΔL^*) promovida pela exposição das variedades calcárias estudadas no pavimento da Capela da Bemposta.

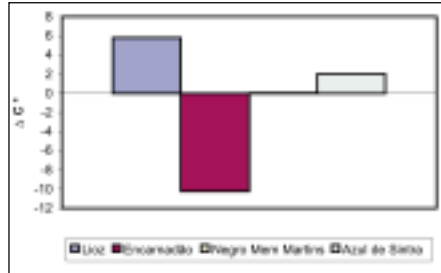


Figura 11 – Variação no grau de saturação (ΔC^*) médio promovida pela exposição das variedades calcárias estudadas no pavimento da Capela da Bemposta.

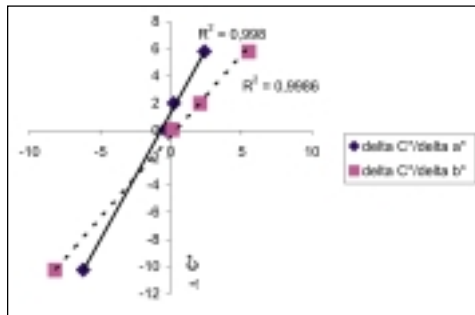


Figura 12 - Diagrama de correlação entre a variação de croma (ΔC^*) e as variações observadas nas coordenadas de cromaticidade (a^* e b^*).

As variações de croma foram positivas para o lioz ($\Delta C^* \approx 5,79$, induzindo apreciável amarelecimento da superfície com a exposição no pavimento da capela da Bemposta) e “azul” de Sintra ($\Delta C^* \approx 2,03$, promovendo ligeiro ganho em importância da componente amarela na composição da cor exibida por essa amostra) (vide figura 11). Para o “negro” de Mem Martins ($\Delta C^* \approx 0,06$), a variação na respectiva cromaticidade média é praticamente nula com a exposição no pavimento da Capela da Bemposta (valores médios de $a^* = 0,17$ e $b^* = 1,73$, muito próximos de zero). Das amostras estudadas, somente o “encarnadão” ($\Delta C^* \approx -10,24$) apresenta uma variação de cromaticidade negativa, com redução dos valores médios das duas coordenadas colorimétricas positivas a^* e b^* , respectivamente, $\Delta a^* \approx -6,19$ e $\Delta b^* \approx 8,16$

e consequente decréscimo das respectivas componentes vermelha e amarela, produzindo uma cor menos viva (saturada/intensa). Temos, pois, que as maiores variações de saturação foram observadas para o “encarnadão” ($\Delta C^* \approx 10,24$) e o lioz ($\Delta C^* \approx 5,79$).

As variações de croma devem-se, neste caso particular, às variações simultâneas nas duas componentes de cromaticidade a^* e b^* (valores de R^2 iguais e elevados, figura 12). Contudo, verificou-se que, de uma maneira geral, as variações da componente b^* foram sempre, para cada rocha estudada, maiores do que as verificadas para a componente a^* (vide também tabela 1).

Ao longo do tempo de análise, não se verificaram variações perceptíveis a olho nú e mensuráveis nas características cromáticas das pedras implantadas no pavimento da Capela da Bemposta (fig. 13). Isto é, nesse intervalo de tempo, as rochas do pavimento da Capela da Bemposta evidenciaram notável estabilidade cromática, não obstante estarem desse ponto de vista longe dos padrões cromáticos típicos das respectivas amostras sãs, designadamente pela redução geral das respectivas luminosidades e do amarelecimento do lioz.

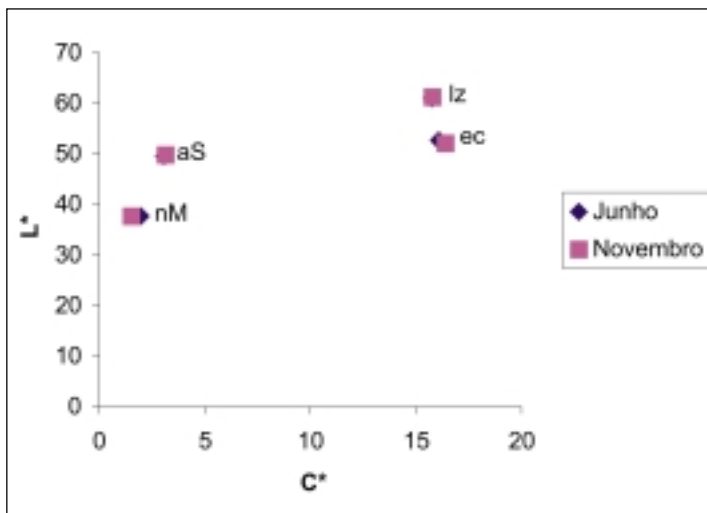


Figura 13 – Projecção no plano cromático (L^* , C^*) das posições das rochas (lz – lioz; ec – “encarnadão”; aS – “azul” Sintra; nM – “negro” Mem Martins) do pavimento da Capela da Bemposta, em dois períodos distintos de amostragem.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base na análise quantitativa efectuada, pode dizer-se que a variedade cromática exibida pelas rochas calcárias aqui estudadas e aplicadas no pavimento da Capela da Bemposta se caracteriza, sobretudo, por um aumento da luminosidade/claridade média das rochas quando caminhamos do “negro” de Mem Martins (L^* médio ≈ 37 %) para o lioz (L^* médio ≈ 61 %). Sublinhe-se, aliás, que isto está totalmente de acordo com as observações já antes feitas com base numa análise semi-quantitativa, segundo as designações de Munsell e em conformidade com o “Rock-Color Chart” (1963) da Geological Society of America (Figueiredo, 1999). Quanto às características de cromaticidades (croma e tom) destas rochas, as cores por elas exibidas vêm fundamentalmente marcadas pelas componentes vermelha (a^* , com valores médios variando entre -0,14 (“azul” de Sintra) e 9,57 (“encarnadão”) e amarela (b^* , com valores médios variando entre 1,73 (“negro” de Mem Martins) e 15,45 (lioz)).

Após vários anos de exposição (para mais de 300 anos) no pavimento da Capela da Bemposta, as rochas estudadas experimentaram diferentes variações das respectivas coordenadas colorimétricas.

Apesar de diferenciadas, estas variações cromáticas são evidentes, em termos de variação de cor total (ΔE^* mínimo $\approx 3,57$). Segundo Boutin & Leroux (2000), somente as variações de cor total, ΔE^* , superiores a 3 são detectadas pela vista humana, isto é, são perceptíveis por simples inspecção visual das variedades cromáticas das respectivas superfícies pétreas. De entre as amostras estudadas, foram, respectivamente, o lioz (ΔE^* médio $\approx 17,38$) e o “negro” de Mem Martins (ΔE^* médio $\approx 3,57$) que experimentaram a maior e menor variação total de cor (ΔE^*), após exposição no pavimento da Capela da Bemposta.

Se bem que a variação em cor total se encontre fundamentalmente associada às variações em luminosidade (vide figura 9, $R^2 \approx 0,87$), observadas nas amostras após a sua aplicação no pavimento da Capela da Bemposta, são no entanto imediatamente perceptíveis à vista desarmada (a olho nú) o claro amarelecimento das pedras de lioz (Δb^* médio $\approx 5,52$) e o esbranquiçar das pedras de “negro” de Mem Martins (ΔL^* médio $\approx 3,54$ e que corresponde ao ganho de cerca de 10 % relativamente à sua luminosidade média inicial), possivelmente devido à acção agressiva dos detergentes utilizados na manutenção/limpeza das respectivas superfícies. Todavia, importa ressaltar que a avaliação temporal efectuada às características cromáticas das pedras do pavimento da Capela da Bemposta não permitiu detectar, no período de análise estipulado, quaisquer variações perceptíveis a

olho nú ou mesmo mensuráveis com o recurso aos espectrofotómetros mencionados (vide figura 13).

Finalmente, importa sublinhar que foi possível efectuar, com base numa metodologia e instrumentos não destrutivos (espectrofotómetros portáteis), a caracterização quantitativa das variedades cromáticas das rochas em análise e, desse modo, acompanhar no tempo e no espaço o impacto visual das suas variações em resposta às acções invariavelmente adversas e agressivas do meio ambiente, natural ou antropicamente influenciado.

É, pois, importante a utilização de métodos quantitativos não destrutivos baseados em técnicas espectrofotométricas como as aqui descritas, que permitam a avaliação objectiva do impacto visual das alterações cromáticas sofridas por estes materiais, quando aplicados em obra (monumentos e edifícios) ou em peças ornamentais.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi suportado pelo Projecto: “O Palácio da Bemposta (hoje Academia Militar): as suas rochas e patologias. Medidas de conservação e prevenção”, apoiado pela Divisão de Planeamento e Programação do Estado Maior do Exército.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Boutin, F., Leroux, L.** (2000) – *Color and weight evolution of limestones protected by water repellents after a three-year ageing period in urban conditions*. 9th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone, Elsevier, Venice, vol. 2., pp. 197-205.
- Chilingar, G. V., Bissel, H. J., Fairbridge, R. W.** (1967) – Carbonate rocks. *Developments in Sedimentology 9A*. Elsevier Publishing Company. N. Y., 471 p.
- Durán-Suárez, J., García-Beltrán, A., Rodríguez-Gordillo, J.** (1995) – *Colorimetric cataloguing of stone materials (biocalcarene) and evaluation of the chromatic effects of different restoring agents*. The Science of the Total Environment 167, Elsevier, pp. 171-180.
- Esbert, R. M., Ordaz, J., Alonso, J. F., Montoto, M., Limón, T. G., Ballester, M, A.** (1997) – *Manual de diagnosis y tratamiento de materiales pétreos y cerámicos*. Col·legi d'Aparelladors i Arquitectes Tècnics de Barcelona, 139 p.
- Figueiredo, C.** 1999 – *Alteração e alterabilidade e património cultural construído: o caso da Basílica da Estrela*. Tese de Doutoramento, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 321 p.
- Iñigo, A. C., Vicente-Tavera, S., Rives, V., Vicente, M.A.** (1997) – *Color Changes in the Surface of Granitic Materials by Consolidated and/or Water Repellent Treatments*. Color research and application, vol. 22, N.º 2, pp. 133-141.
- Soares, A. F.**(1966) – *Estudo das formações pós-jurássicas da região de entre Sargento-Mor e Montemor-o-Velho (margem direita do rio Mondego)*. Memórias e Notícias, Publ. Mus. Lab. Min. Geol. Universidade de Coimbra, N.º 62, 343 p.