

4.4. Algarve: Edifícios da Correnteza, Fortaleza de Sagres¹

A visita aos Edifícios da Correnteza, Fortaleza de Sagres, realizou-se no dia 14 de Maio de 2004. Trata-se de um conjunto de quatro edifícios designados pelas letras A, B, C e D; os corpos B, C e D são mais recentes que A. Para este trabalho, destacar-se-ão os corpos A e D, onde se detectou a alteração cromática.

O corpo A (centro de multimédia, exposições permanentes e temporárias) foi construído a partir de um já existente; o paramento virado a norte apresenta revestimento exterior em pedra calcária desde o chão até mais de metade da sua altura, à qual se segue um revestimento em tinta branca, aplicado directamente sobre *Pladour* (poliestireno expandido recoberto, na sua face exterior, por um barramento cimentício armado com rede de fibra de vidro), fixado directamente à alvenaria de blocos cimentícios, não rebocados, por perfis metálicos em forma de U, próprios do sistema.

Entre 1996 e 1998, este edifício sofreu intervenções, tendo sido neste último período que as paredes interiores foram impermeabilizadas até 3 m acima do pavimento. (Figuras 24 e 25)



Figura 24. O corpo A dos Edifícios da Correnteza, Fortaleza de Sagres.



Figura 25. O corpo A dos Edifícios da Correnteza, Fortaleza de Sagres.

¹ A fonte de algumas das informações contidas nesta secção encontra-se em anexo, pg. 51.

No corpo D encontram-se os serviços administrativos (piso superior) e casas de banho (piso térreo). (Figuras 26 e 27)



Figuras 26 e 27. O corpo D dos Edifícios da Correnteza, Fortaleza de Sagres. A escadaria dá acesso ao piso superior; a porta que está aberta (direita), às casas de banho.

Salienta-se que a Fortaleza de Sagres se encontra em ambiente marítimo: ocorrência esporádica de chuva, vento moderado a forte (orientação preferencial norte/noroeste), humidade relativa e temperatura elevadas.

4.4.1. Formas de decaimento associadas

A área da parede em análise apresenta depósitos superficiais (poeiras, sujidades, etc. aos quais poderão estar associados microorganismos), lacunas, humidade ascensional e vegetação de intensidade média.

4.4.2. Descrição da alteração cromática

A alteração cromática foi notada há cerca de dois a três anos, na fachada virada a norte do corpo A, sobre a área revestida a *Pladour* e tinta branca, sem atingir a pedra calcária; desde então, tem vindo a alastrar tornando-se cada vez mais intensa (Figuras 24 e 25). Uma firma de engenharia civil procedeu à identificação do quadro patológico e concluiu tratar-se de origem biológica; sugeriu também uma proposta de intervenção¹ a qual se pensa cumprir num futuro próximo.

¹ Resumidamente, a proposta de intervenção consiste na identificação dos microorganismos, aplicação de um produto apropriado ao seu extermínio, lavagem da superfície com jactos de água a pressão controlada e pintura do paramento com tinta branca adequada. Ver anexo, pg. 52

Posteriormente, a mesma alteração foi detectada no corpo D¹, na fachada norte, estendendo-se à oeste, igualmente sobre materiais industriais (cimento, tinta branca, *Pladour*, etc.). (Figuras 26, 27, 28 e 29)



Figuras 28 e 29. Pormenor da escadaria que dá acesso ao piso superior do corpo D (à esquerda); a fachada virada a oeste do corpo D (à direita). Em ambas as figuras se observa a alteração da cor branca para rosa (tinta - materiais industriais/recentes).

Observa-se uma alteração da cor original do substrato, de tonalidade rosada, com aspecto de mancha sem sentido definido², que se distribui de forma heterogênea pela parede, alojando-se entre as rugosidades da superfície. Assemelha-se a uma película sólida (massa pulverolenta), coesa, uniforme e de espessura muito reduzida.

4.4.3. Teste do cotonete

Esta película apresenta adesão mediana ao substrato. Quando em contacto com um cotonete, verifica-se que a cor rosada se altera para um tom amarelo-alaranjado intenso (Figura 30); no cotonete vem agarrada porções da película, mas não o suficiente para deixar ver a coloração original da superfície.



Figura 30. Aspecto da superfície rosada após passagem do cotonete.

após

¹ Até ao momento, esta alteração ainda não foi detectada nos corpos B e C.

² O seu aspecto talvez se aproxime mais de escorrência do que pincelada.

4.4.4. Parâmetros colorimétricos das áreas de amostragem

A medição dos parâmetros colorimétricos realizou-se no limite inferior do corpo D, entre as duas portas (a da direita dá acesso a casas de banho); a área alterada designou-se por S.1.. A área aparentemente não alterada encontra-se virada a oeste e designou-se por S.0. (apesar de não ter a mesma orientação, apresenta o mesmo substrato que a primeira). (Figura 31)



Figura 31. As áreas S.0. e S.1. onde se efectuaram as medições dos parâmetros de cor, no corpo D.

No quadro 8 apresentam-se os valores da média, desvio padrão, máximo e mínimo dos parâmetros colorimétricos, L^* , a^* e b^* para as áreas de amostragem S.0., S.1.

	S.0.			S.1.		
	L^*	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*
Média	95.81	-0.03	3.44	84.97	5.82	8.88
D.Padrão	0.36	0.09	0.32	1.94	0.73	0.58
Mínimo	95.31	-0.16	3.1	81.64	4.94	7.68
Máximo	96.17	0.12	3.99	87.29	7.06	9.44

Quadro 8. A Média, Desvio-Padrão (D.Padrão), Mínimo e Máximo dos parâmetros L^* , a^* e b^* das áreas de amostragem S.0. e S.1..

No quadro 9 apresentam-se os valores de ΔL^* , Δa^* e Δb^* calculados a partir dos valores médios indicados no quadro 8 que permitirão calcular o valor ΔE^* .

	S.1. - S.0.
ΔL^*	-10.84

Δa^*	5.85
Δb^*	5.44
ΔE^*	13.47

Quadro 9. Os valores de ΔL^* , Δa^* , Δb^* e ΔE^* .

Da observação dos quadros 8 e 9 verifica-se que as medições efectuadas vêm de encontro ao revelado pela inspecção visual: existe variação de cor acentuada em ambas as situações S.0. e S.1., em que ΔE^* aproximadamente 13,5. A alteração cromática promove a diminuição de luminosidade, isto é, a região alterada escurece (a tonalidade rosada é mais escura que a branca dos materiais industriais); dá-se o aumento de ambos os componentes vermelho-verde e amarelo-azul relativamente ao obtido na área considerada não alterada, o que significa que há ganho da componente vermelha e amarela em S.1. (a tonalidade rosada aproxima-se mais do vermelho que a superfície branca dos materiais industriais).

Considerando os resultados obtidos pela empresa de engenharia civil é provável que esta alteração tenha origem biológica, facto baseado não só nos ensaios que realizaram mas também nas semelhanças com o caso observado e estudado em Coimbra e no crescente aumento de área afectada, à medida que o tempo passa.

Em geral, observaram-se alterações cromáticas sobre diferentes materiais inorgânicos, nomeadamente litótipos (mármore/Évora, calcário/Coimbra e granito/Porto) e materiais de construção industriais/Sagres. Esta forma de decaimento tanto pode ocorrer em materiais que se encontrem no exterior (mármore, granito e materiais industriais) como no interior (calcário), ou seja, a presença de luz, vento, variações de

humidade relativa e temperatura, entre outros factores, são uma constante em todos os casos observados.

A alteração é visível em substratos que se encontram em diferentes estados de conservação, sendo comum a presença de depósitos superficiais (poeiras, sujidades, poluentes atmosféricos, etc. aos quais também poderão estar associados microorganismos).

Verificam-se também diferenças quanto à configuração, textura e grau de aderência da alteração cromática, de acordo com o tipo de substrato em que se desenvolve: enquanto que sobre mármore e calcário se parece com uma pincelada, sobre granito e materiais industriais não apresenta sentido definido; sobre mármore parece-se com uma crosta sólida, sobre calcário e materiais industriais toma o aspecto de uma massa pulverolenta e sobre granito, de pequenos “cristais de açúcar”; quanto ao grau de aderência, o teste do cotonete diz-nos que a película mais aderente ocorre sobre mármore, seguindo-se o granito, materiais industriais e, por último, calcário. Apenas sobre este último litótipo se conseguiu remover completamente a película permitindo observar a cor original daquele; sobre os materiais industriais assistiu-se à alteração da tonalidade rosada para amarelo-alaranjado sem se observar a cor original da superfície; no granito e mármore não se conseguiu remover a película.

Tal como foi mencionado ao longo da apresentação de cada um dos casos estudados, a alteração cromática dos diferentes substratos foi confirmada pelos valores de ΔE^* balizados entre 3,64 (mármore/E.1.1.) e 13,47 (materiais industriais/Sagres), indicativos de variação total de cor moderadamente visível a muito visível, respectivamente; ou seja, significa que a alteração de cor mais intensa ocorreu sobre materiais industriais, decrescendo para o granito ($\Delta E^* = 12,46$), calcário ($\Delta E^* = 10,43$), seguido do mármore, na região E.1.2. ($\Delta E^* = 6,6$) até à alteração menos intensa, também sobre mármore, na região E.1.1..

Para além da intensidade de alteração de cor, também se verifica a aquisição de diferentes tonalidades de acordo com o tipo de substrato em que ocorre. Por observação macroscópica, a olho nu, sobre mármore, calcário e materiais industriais apresenta-se rosada; sobre granito, cor-de-laranja. Comparando os três primeiros casos verifica-se que, sobre calcário e materiais industriais, os valores de ΔE^* se aproximam

entre si, assim como a cor resultante - rosa claro (10,43 e 13,47, respectivamente), enquanto que sobre mármore, os valores de ΔE^* decrescem consideravelmente (E.1.1 = 3,64 e E.1.2. = 6,6), observando-se tonalidades rosadas mais escuras que nos casos anteriores.

Apesar de existir uma aproximação dos valores de ΔE^* do granito com os de calcário e materiais industriais (12,46, 10,43 e 13,47, respectivamente), não é coerente estabelecer uma relação entre estes valores na medida em que as cores resultantes são francamente diferentes, tal como é possível constatar na observação das componentes ΔL^* , Δa^* e Δb^* , fundamentais para a construção da cor final. Sendo assim, e analisando este facto, os dados indicam que em mármore, calcário e materiais industriais ocorre diminuição da luminosidade (logo, a superfície alterada escurece em relação à não alterada; $\Delta L^* < 0$), enquanto que esta aumenta no granito (logo, a superfície alterada torna-se mais clara do que a não alterada; $\Delta L^* > 0$); as componentes a^* e b^* diminuem apenas sobre mármore (Δa^* e $\Delta b^* < 0$) e aumentam nos restantes casos (Δa^* e $\Delta b^* > 0$), sobre superfícies alteradas. Traduzindo esta análise para um gráfico, obtém-se: (Figura 24)

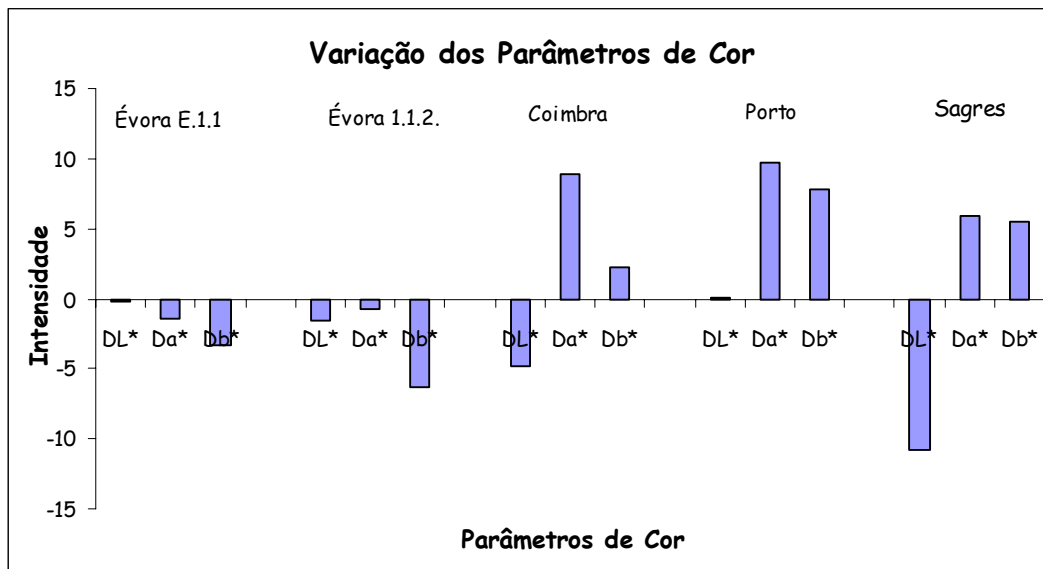


Figura 24. Gráfico ilustrativo da variação dos parâmetros de cor em função dos casos analisados.

No gráfico, entenda-se a letra "D" por "Δ".

Considerando também a sugestão de Johnston-Feller (2001)¹ e aplicando o seu exemplo aos casos em estudo², obtém-se o gráfico representado na Figura 25.

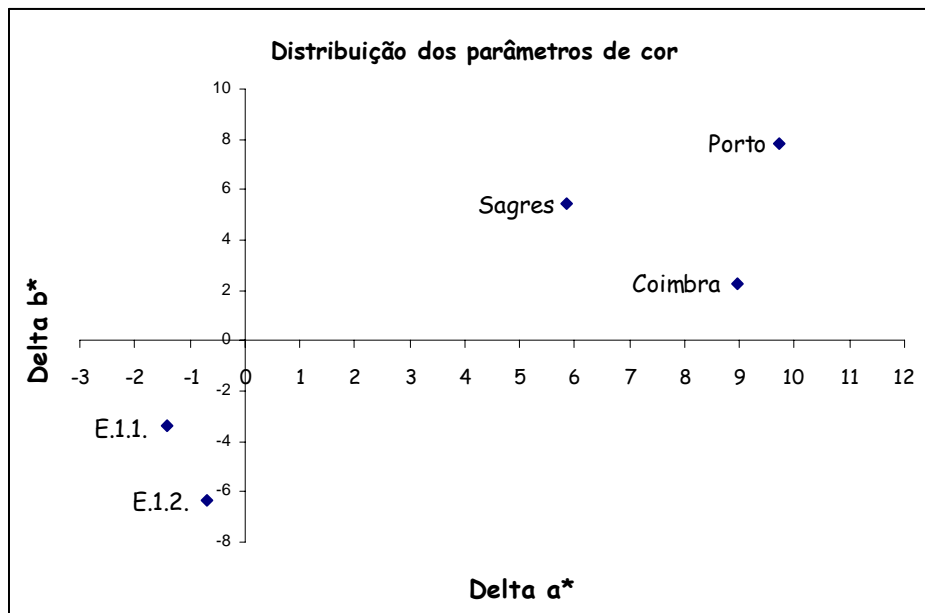


Figura 25. Gráfico resultante da distribuição dos parâmetros Δa^* e Δb^* pelo quadrante correspondente à cor vermelha.

O gráfico presente na Figura 25 evidencia a aproximação já mencionada em relação às alterações cromáticas sobre calcário, granito e materiais industriais, e não deixa de confirmar as semelhanças de cor entre as tonalidades rosadas sobre calcário e materiais industriais. Comparando este gráfico com o esquema da Figura 26 [1], verifica-se que há concordância entre a distribuição das cores obtidas sobre calcário, granito e materiais industriais que não se verifica no tom rosa claro e avermelhado do mármore.

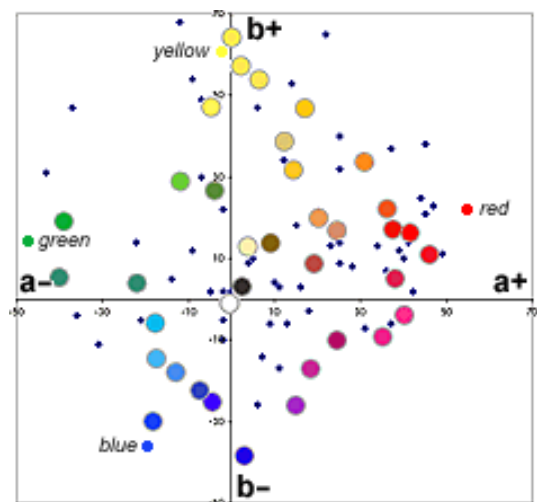


Figura 26. Esquema bidimensional de a^* e b^* . [1]

¹ Johnston-Feller (2001) diz-nos que é possível excluir o parâmetro L^* e considerar apenas a^* e b^* num sistema coordenado xy , para o qual se convencionou a cor vermelha ($+a^*$) sobre o eixo xx , à direita do gráfico, desenvolvendo-se no primeiro quadrante (Figura 1).

² Recorreu-se aos valores de Δa^* e Δb^* porque indicam o *valor real* da cor, após subtração do “branco” – superfície considerada não alterada.

Possivelmente a ausência de concordância entre os resultados esperados e os obtidos no ensaio colorimétrico sobre mármore se deva à prática de alguns erros no processo de medição dos parâmetros de cor, nomeadamente no modo de medição e quantidade de valores recolhidos, talvez pela falta de experiência e geometria curva da escultura tumular¹. Estas situações poderiam ter sido evitadas se se tivesse colocado uma “máscara” sobre a superfície pétreia que adaptasse a sua configuração à do colorímetro e minimizasse a interferência da luz natural na medição dos parâmetros de cor.

Devido à configuração regular das outras superfícies analisadas – paredes – a ausência da “máscara” não foi relevante. Quanto à quantidade de valores recolhidos, na literatura relativa ao sistema CIELab não se encontrou um número mínimo de valores a recolher, mas na descrição de casos práticos sugere-se a medição de dez valores. (ALARCÃO, 2004) (RODRIGUES, 2001)

De qualquer modo, o objectivo inicial do presente trabalho determina a comparação dos resultados colorimétricos obtidos com os de Catarina Alarcão, para a qual, à partida se exclui o caso estudado sobre granito (tonalidade cor-de-laranja). Recuperando os valores calculados para a área de amostragem A (correspondente a C.1.), que se apresentam na Figura 27:

	A-0
ΔL^*	-14.03
Δa^*	8.88
Δb^*	3.1
ΔE^*	16.89

Figura 27. Valores de ΔL^* , Δa^* e Δb^* , referentes à área de amostragem A, obtidos por Catarina Alarcão (ALARCÃO, 2004)

Verifica-se que a componente ΔL^* é negativa tanto para a área de amostragem A como para mármore, calcário e materiais industriais, aproximando-se significativamente do valor obtido nos materiais industriais (-10,84) e se afastando em mármore/E.1.1. (-0,15). As componentes Δa^* e Δb^* são ambas positivas para a área de amostragem A assim como para calcário e materiais industriais, afastando-se dos valores negativos obtidos para o mármore. Os valores de ΔE^* obtidos em calcário e materiais industriais

aproximam-se dos de Catarina Alarcão, afastando-se a alteração verificada sobre mármore.

¹ Este facto é indicado no elevado valor de desvio-padrão.

A concordância dos valores dos parâmetros de cor entre calcário e a área de amostragem A era esperada dado que aquele ensaio foi propositadamente realizado nesta região.

Por fim, o valor de ΔE^* vem de encontro à observação macroscópica: o caso estudado sobre materiais industriais é o que mais se aproxima do estudado por Catarina Alarcão; aquele que menos se assemelha é a alteração verificada sobre mármore.

Permanece a problemática quanto à natureza destas alterações cromáticas. O aparecimento de manchas coloridas pode ter causas químicas (processos de oxidação, deposição de sais) e/ou biológicas (microorganismos que promovam processos de oxidação-redução e/ou produção de pigmentos).

Salienta-se que, nos substratos analisados, se encontram reunidas as condições favoráveis ao crescimento biológico (água, luz, CO₂, substrato bio-receptivo, etc.)¹ e que o mesmo foi concluído por Catarina Alarcão no seu estudo sobre a coloração rosada que ocorre nas paredes da Igreja de S. João de Almedina (MNMC, Coimbra) e pela empresa de engenharia civil, nos primeiros estudos realizados a uma coloração com características semelhantes àquela presente sobre os corpos A e D dos Edifícios da Correnteza, Fortaleza de Sagres.

A biodeterioração não é facilmente reconhecida nos materiais pétreos; por exemplo, as bactérias provocam danos semelhantes aos produzidos pelas causas químicas e a sua identificação exige análises laboratoriais; as bactérias sulfuricantes e nitrificantes produzem esfoliações e pulverolência semelhantes à acção do SO_x e do NO_x, respectivamente (poluentes atmosféricos); muitas bactérias heterotróficas estão associadas às crostas negras. Durante o seu desenvolvimento, muitos microorganismos produzem pigmentos orgânicos que podem ter diferentes cores de acordo com a espécie que o emite, a composição química do substrato, a presença de elementos

metálicos (Ferro, Zinco, Chumbo, Magnésio e Cobre), o pH do meio e as condições ambientais (água, temperatura, luz, sais minerais, etc.).

¹ Um substrato bio-receptivo é aquele que é apto a ser colonizado por organismos vivos aos quais fornece alojamento e alimento. Os primeiros colonizadores de substratos inorgânicos são as bactérias autotróficas (CO₂ como fonte de carbono; subdividem-se em fotoautotróficas - luz solar como fonte de energia - e litoquímioautotróficas - oxidam substâncias inorgânicas) e as heterotróficas (matéria orgânica como fonte de carbono); estes microorganismos desempenham um papel relevante na meteorização dos materiais inorgânicos, aos quais se seguem outros autotróficos, tais como, cianobactérias, algas e líquenes (associações simbióticas entre algas e fungos) e heterotróficos, como os fungos (AIRES-BARROS, 2001).

Por exemplo, colónias de cianobactérias que, em geral, são verdes podem tornar-se vermelhas (de acordo com a concentração de sais), negras, cinzentas ou rosas assemelhando-se a eflorescências salinas; a melanina é um dos produtos metabólicos dos fungos que origina manchas negras a castanhas; a associação de cianobactérias, bactérias e fungos pode ser responsável por *biofilmes* de cor amarela, laranja, rosa, violeta, castanha, etc. (CANEVA e tal. 2000; KRUMBEIN, 1992).

Num estudo recente de Tiano (2004) sobre o aparecimento de manchas vermelhas em mármore da Catedral de Siena, observaram-se amostras ao microscópio óptico e após o desenvolvimento biológico em meios orgânicos e inorgânicos, verificou-se a presença de algas verdes, fungos e bactérias (a bactéria dominante pertencia à espécie *Micrococcus*). As colónias tomaram as cores rosa, amarela, laranja e verde por causa da produção de diferentes pigmentos carotenoides. Após a inoculação das espécies responsáveis pela cor vermelha num meio reforçado com CaCO₃ e MgCO₃, assistiu-se à produção de um *pigmento orgânico* vermelho. Verificou-se que os pigmentos carotenoides reagiram com a matriz calcária, sendo por esta absorvidos e estabelecendo uma ligação química muito forte; aqueles tornaram-se praticamente insolúveis nos solventes (orgânicos e inorgânicos) usados na tentativa de os remover, facto que poderá impossibilitar o acesso à natureza química de manchas vermelhas em amostras retiradas de monumentos.

